



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R37:1975

Hydrologisk modell

Dränering genom ledningsgravar

Bo Carlstedt

Byggforskningen

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Hydrologisk modell. Dränering genom ledningsgravar

Bo Carlstedt

Vid ledningsarbeten i mark för spillvatten och dagvatten utförs ledningarna möjligast täta för att hindra läckage. Då ledningarna förläggs under grundvattenytan utförs dessutom ler- eller betongtäckningar med jämna mellanrum i ledningsgravens tvärsnitt kring rören för att förhindra dränering via återfyllningsjorden längs ledningarna och därmed förhindra sänkt grundvattennivå.

Forskningen enligt föreliggande rapport har avsett att studera hur sålunda utförda ledningsarbeten fungerar vad avser den dränerade effekten.

Två hydrologiska modeller har i rapporten studerats med avseende på ledningarnas och ledningsgravarnas dränerande funktion. I den ena modellen skär ledningsgraven delvis genom morän som underlagrar lera, i den andra ligger ledningsgraven helt i lera. Resultat av grund- och sprickvattenståndsobservationer har utvärderats och generella slutsatser dragits så långt det varit möjligt utan att göra avkall på de lokala geotekniska och geohydrologiska för-

hållandena, som alltid måste vara det grundläggande rättesnöret för erforderliga skadeförebyggande åtgärder.

Modellen med skärning genom morän är lokaliserad till Backlura i Stockholm (Fig. 1), där ett område med kedjehus exploaterats av SIAB. Modellen med ledningsgrav i enbart lera är lokaliserad till Torslanda Hög, Göteborg (Fig. 2), där bebyggelsen utgöres av radhus och kedjehus.

I Backlura har grundvattenstånd i moränen observerats såväl före som under och efter byggnadstiden och grundvattenstånd i ledningsgraven observerats under och efter byggnadstiden. I Torslanda Hög har grundvattenståndet i ledningsgraven, sprickvattenstånd i en tvärsnitt till ledningsgraven och grundvattentrycket under leran observerats efter byggnadstiden.

I Backlura har olika åtgärder under byggnadstiden såsom schaktning, läshållning, bortkoppling av äldre dagvattenledning etc. kunnat följas i observerade grundvattenstånd som förändringar överlagrande den meteorologiska

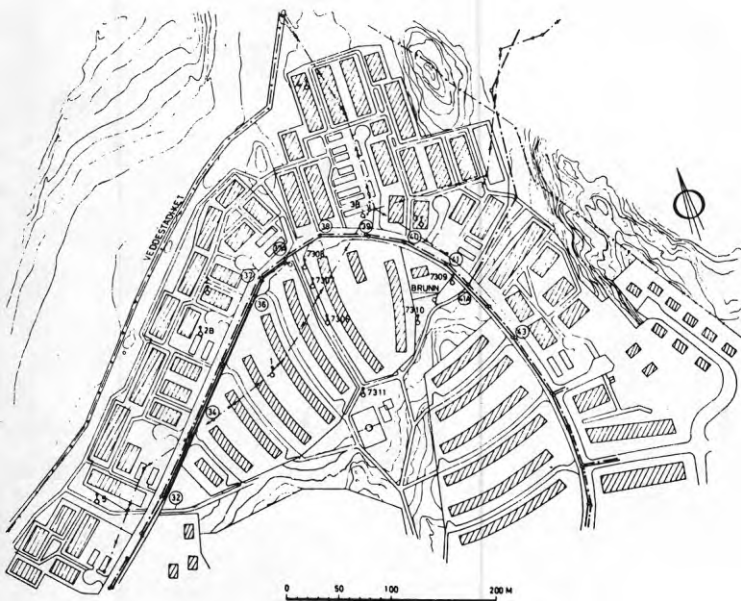


FIG. 1. Plan över Backlura

Byggforskningen Sammanfattningar

R37:1975

Nyckelord:

ledningsgrav, dräneringseffekt, grundvattensänkning, hydrologisk modell

Rapport R37:1975 hänför sig till forskningsanslag 730324-3 från Statens råd för byggnadsforskning till Orrje & Co-Scandiaconsult, Stockholm.

UDK 624.131.6

624.134

556.3

SfB (19), (50)

ISBN 91-540-2458-7

Sammanfattning av:

Carlstedt, B, 1975, *Hydrologisk Modell. Dränering genom ledningsgravar*. (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R37:1975, 50 s., ill. 15 kr + moms.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60

Grupp: installation

inverkan. Det har konstaterats att grundvattenståndet i ledningsgraven efter färdigställande som lägst sammanfaller med dagvattenledningens vattengång men ligger högre än spillvattenledningen. Det har också konstaterats att ledningen har dränerande effekt på grundvattnet i moränen. Denna effekt har som längst sträckt sig till 75 m från

ledningsgraven med en bedömd permanent avsänkning av ca 0.5 m (obs. rör 7306).

I Torslanda Hög har observationerna visat att ledningsgraven i sin helhet hålls dränerad av inläckning i spillvattenledningen, att sprickvattnet i torrskorpan dräneras av ledningsgraven till ca 10 m från ledningsgraven under lång torrpe-

riod och att grundvattenstrycket under leran som väntat är helt opåverkat av ledningsgraven.

De strömvaskande tätäckningar som utförts i ledningsgraven såväl i Backlura som i Torslanda Hög har icke kunnat påvisas fylla någon funktion. Exemplifierade beräkningar har visat att de flöden som kan förekomma i sandåterfyllning kring rörledningarna längs ledningsgraven är av flera gånger mindre storleksordning än maximalt tillåten inläckning i ledningarna enligt tillämpade normer (VAV P 10) på så kort sträcka som mellan två nedstigningsbrunnar. Det har också visats att de i modellerna konstaterade dräneringseffekterna mycket väl kan uppstå även om ledningarna har större täthet än vad nämnda normer föreskriver.

Av de ringa avsänkningseffekter i morän under leran respektive i lerans torrskorpa som konstaterats i modellerna kan man inte dra den generella slutsatsen att ledningsgraver över huvud taget inte skulle medföra någon skadlig grundvattensänkning. I varje särskilt fall måste geotekniska och geohydrologiska bedömningar och i vissa fall speciella undersökningar genomföras för att kunna avgöra erforderliga skadeförebyggande åtgärder.

Generellt torde emellertid de slutsatserna kunna dras att underbäddning och kringfyllning av rörledningarna med sand kan ske utan att nämnvärda dräneringseffekter uppstår och att tillämpade normer för täthetsprovning av gummiringfogade betongrör medger många gånger större dräneringseffekt än återfyllning med sand eller samkross.

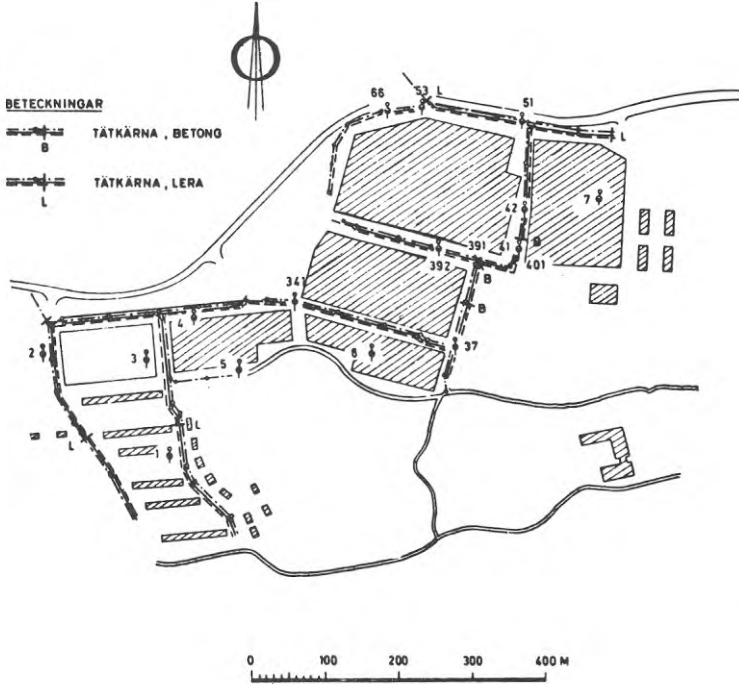


FIG. 2. Plan över Torslanda Hög

Hydrological model for drainage through pipe trenches.

Bo Carlstedt

When sewage and surface water pipes are laid in trenches, every effort is made to make the pipes as watertight as possible in order to prevent leakage and infiltration. In cases when the pipes are laid below the water table, clay or concrete seals are also placed in the pipe trench around the pipes at regular distances in order to prevent drainage of water along the backfill in the trench and thus to prevent a lowering of the water table.

The object of the research described in this report was to study the way in which pipes laid in this manner function as regards their drainage effect.

Two hydrological models were studied with regard to the drainage function of the pipes and the trenches. In one of the models the pipe trench cuts partly through till underlying clay, while in the other the pipe trench is situated completely in clay. The results of observations relating to ground water table and perched water table levels were evaluated, and general conclusions were drawn as far as possible, without disregarding the local geotechnical and geohydrological conditions which must at all times con-

stitute the fundamental guideline regarding measures to be taken to prevent damage.

The model which cuts through till is situated at Backlura in Stockholm (Fig. 1) where an area comprising linked houses was developed by SIAB. The model in which the pipe trenches are located entirely in clay is situated at Torslanda Hög, Gothenburg (Fig. 2), where the development comprises terraced houses and linked houses.

At Backlura, the water table in the till was observed both before and after the construction period, and the water table in the pipe trenches was observed both during and after the construction period. At Torslanda Hög, the water table in the pipe trenches, the level of perched water table in a cross section of the pipe trench, and the groundwater pressure underneath the clay, were observed after the construction period.

At Backlura, various measures taken during construction, such as excavation, dewatering, disconnection of existing surface water drains etc. were evident by virtue of their effect on the observed water table in the form of changes superimposed on the meteorological effects.

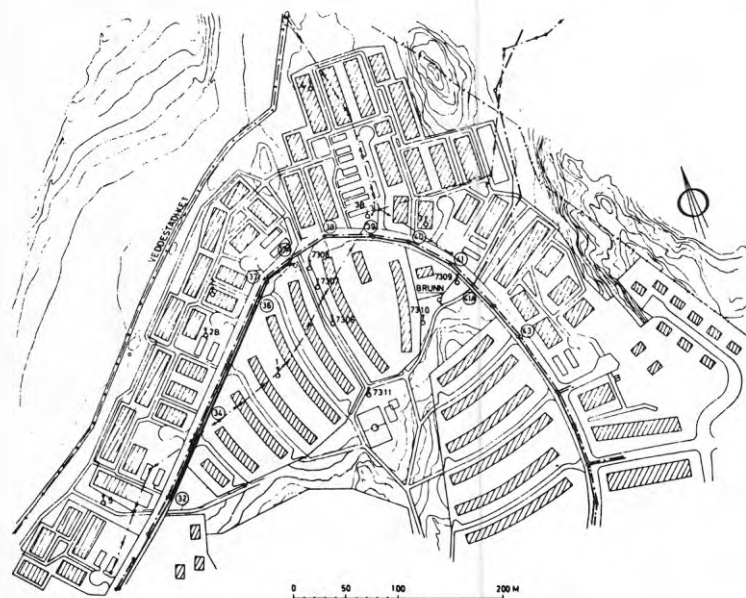


FIG. 1. Plan of Backlura

Swedish Building Research Summaries

R37:1975

Key words:

pipe trench, drainage effect, lowering of the water table, hydrological model

Report R37:1975 refers to research grant 730324-3 from the Swedish Council for Building Research to Orrje & Co-Scandiaconsult, Stockholm.

UDC 624.131.6
624.134
556.3
SfB (19), (50)
ISBN 91-540-2458-7

Summary of:

Carlstedt, B. 1975, *Hydrologisk modell. Dränering genom ledningsgravar. Hydrological model for drainage through pipe trenches.* (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Report R37:1975, 50 p., ill. Kr. 15.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst,
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

It was found that the lowest water table in the pipe trench after this had been backfilled was the same as the invert level of the surface water pipe, but was higher than the invert level of the sewerage water pipe. It was also found that the sewer had the effect of lowering the water table in the till. The greatest extent of this effect was 75 m from the sewers.

and the permanent lowering was judged to be approx. 0.5 m (observation tube 7306).

At Torslanda Hög, the observations showed that the pipe trench, as a whole, was drained by leakage into the sewerage pipe, that the water held in the dry clay crust was drained by the pipe trench, during a long dry period, over a distance

of about 10 m from the trench, and that, as expected, the groundwater pressure underneath the clay was quite unaffected by the presence of the pipe trench.

The impervious seals placed in the pipe trenches at both Backlura and Torslanda Hög, with the object of preventing flow of water along the trenches, could not be shown to perform any function. Calculation examples showed that the flows which can occur in sand backfill around the pipes in the trench are several orders of magnitude smaller than the maximum leakage into the pipes permitted by the current code (VAV P 10) over a distance as short as that between two manholes. It was also shown that the drainage effects found in the models may occur even when the watertightness of the pipes is greater than that specified in the code.

On the basis of the slight lowering effect in the till underneath the clay and in the dry crust of the clay which was found in the models, it is not possible to draw a general conclusion that pipe trenches will not, as a rule, give rise to harmful lowering of the water table. Geotechnical and geohydrological appraisals and, in certain cases, special investigations must be carried out in each case, in order that the measures needed to prevent damage may be decided.

The general conclusion which can be drawn, however, is that sewers can be bedded on and surrounded by sand without this giving rise to appreciable drainage effects, and that the code applicable to hydrostatic testing of concrete pipes provided with rubber rings at the joints permits a drainage effect which is many times greater than that due to backfilling with sand or poorly graded crushed aggregate.

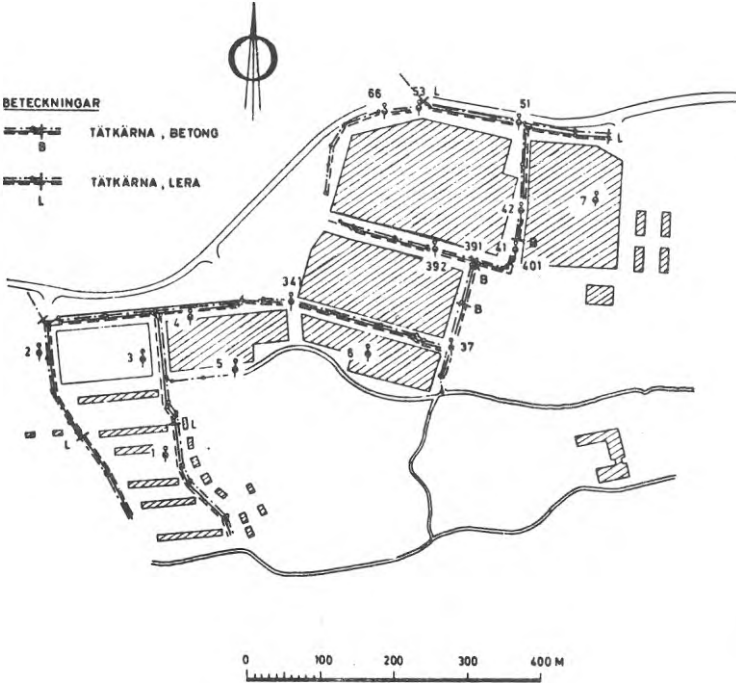


FIG. 2. Plan of Torslanda Hög

Rapport R37:1975

HYDROLOGISK MODELL

Dränering genom ledningsgravar

av Bo Carlstedt

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 730324-3 från
Statens råd för byggnadsforskning till Orrje & Co-Scandiaconsult,
Stockholm.

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2458-7

Liber Tryck Stockholm 1975

FÖRORD

Orrje & Co-Scandiaconsult har med stöd från Statens råd för byggnadsforskning sedan juni 1973 genomfört studier av ledningsgravars dränerande funktion.

Projektet har kunnat genomföras även tack vare välvillig medverkan dels av SIAB vad gäller undersökningarna i Backlura och dels av Göteborgs Vatten- och Avloppsverk vad gäller Torslanda Hög. SIAB har svarat för huvuddelen av vattenståndsobservationerna jämte utsättning av observationsrör i ledningsgravar och tillhandahållit uppgifter om tidpunkter för i forskningen viktiga arbetsmoment.

Göteborgs Vatten- och Avloppsverk har bekostat hela fältarbetet i Torslanda Hög, som genomförts av Orrje & Co-Scandiaconsults kontor i Göteborg under ledning av Sven Olofsson.

Projektledare och författare har varit Bo Carlstedt.

Författaren framför härmed ett varmt tack till alla medverkande för deras värdefulla insatser.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
FIGURER	5
BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	6
1 BAKGRUND	7
2 MÅLSÄTTNING	8
3 METOD	9
3.1 Ledningsgrav i lera och morän	9
3.2 Ledningsgrav i lera	9
4 BESKRIVNING AV PROJEKTEN	10
4.1 SIAB:s projekt i Backlura, Stockholm	10
4.1.1 Allmänt	10
4.1.2 Geologi	10
4.1.3 Geoteknik	10
4.1.4 Ledningar	13
4.1.5 Arbetsplan	15
4.1.6 Observationer	18
4.2 Bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg	24
4.2.1 Allmänt	24
4.2.2 Geologi	24
4.2.3 Geoteknik	24
4.2.4 Ledningar	24
4.2.5 Arbetsplan	24
4.2.6 Observationer	30
5 RESULTAT	36
5.1 Allmänt	36
5.2 SIAB:s projekt i Backlura, Stockholm	36
5.2.1 Analys av observationsmaterialet	36
5.3 Bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg	38
5.3.1 Analys av observationsmaterialet	38
5.4 Slutsatser	39
6 SLUTORD	43
REFERENSER	46

FIGURER		Sid.
FIG. 1	Plan över Backlura	11
FIG. 2	Geologisk plansektion över Backlura på nivån +16.5	12
FIG. 3	Huvudledningsprofil 32-43, Backlura	14
FIG. 4	Rörspets för observationsrör 7306-7311, Backlura	16
FIG. 5	Tidplan för ledningsarbeten, Backlura	17
FIG. 6	Observationer i rör 1 - 5, Backlura	19
FIG. 7	Observationer i rör 7306-7311 och brunn, Backlura	21
FIG. 8	Observationer i observationsrör i lednings- grav, Backlura	22
FIG. 9	Nederbörd vid Barkarby och Bromma	23
FIG. 10	Plan över Torslanda Hög	25
FIG. 11	Situationsplan sondborrhål 8-11 och sprick- vattenrör, Torslanda Hög	26
FIG. 12	Sektioner sondborrhål 8-11, Torslanda Hög	27
FIG. 13	Sektion sprickvattenrör, Torslanda Hög.....	28
FIG. 14	Typritning sprickvattenrör, Torslanda Hög	29
FIG. 15	Observationer i observationsrör i lednings- grav, Torslanda Hög	31
FIG. 16	Huvudledningsprofil, Torslanda Hög	32
FIG. 17	Observationer i sprickvattenrör och i 4 ob- servationsrör i ledningsgrav, Torslanda Hög ..	33
FIG. 18	Observationer i observationsrör till lerans u k, Torslanda Hög	34
FIG. 19	Nederbörd vid Torslanda	35

DEFINITIONER OCH BETECKNINGAR

Dagvatten	Ursprungligt regn som avleds på markytan eller i rör (tunnlar) under markytan
Glacial	Avlagrad under senaste landisens avsmältnings-skede
Kompressionsindex	Ett jordprovs relativa kompression vid en fördubbling av vertikaltrycket
Ledningsgrav	Öppen eller återfylld schakt för ledningar
Porvattentryck	Hydrodynamiskt tryck av porvattnet på viss nivå i jord
Porvattentryck-mätare	Observationsrör med specialspets för mätning av porvattentryck i finkorniga jordarter
Postglacial	Avlagrad efter senaste istiden
Samkross	Osorterat, krossat berg 0 - 8 mm
Silspets	Perforerad rörända för kommunikering mellan observationsrör och jordlager utanför
Sprickvatten	Grundvatten i torrskorpan
Torrskorpa	Översta lager av fast lera med oftast låg vattenhalt närmast markytan
Tätkärna (strömnings-avskärande fyllning)	Återfyllning i ledningsgrav på en sträcka av ca 2 m med väl packad (puddlad) lera eller tvärvägg gjuten av betong
Vattengång	Inre underkant av rörledning
Ödometerförsök	Kompressionsförsök med förhindrad sidoutvidgning
Överkonsoliderad jord	Jord, som varit utsatt för högre tryck än nu rådande
Q =	vattenmängd i liter under 10 minuter
q =	vattenflöde i m ³ /s
A =	tvärsnittsarea för grundvattenflöde i m ²
k =	vattengenomsläpplighetskoefficient i m/s
I =	ledningssträckas lutning
L =	längd av ledningssträcka
d =	rörlednings inre diameter i meter

1 BAKGRUND

Forskning om grundvattenpåverkan i urbaniserade områden med bergtunnlar pågår (STEGA, Wesslén m fl) medan ingen forskning finns inom urbaniserade områden med enbart ledningsgravar, varför man inte med säkerhet vet hur ledningsgravarna påverkar grundvattennivån. Den bristande kunskapen härom yttrar sig dels å ena sidan i kanske överdrivna föreställningar om påverkans storlek och å andra sidan i nonchalerande av de risker som kan finnas. Båda förhållandena kan leda till icke obetydliga, ekonomiska konsekvenser i form av onödiga, kostnadskrävande, preventiva åtgärder respektive sättningskador på anläggningar i efterhand.

I allmänhet läggs ledningar vid lerundergrund på sandbädd för att man skall erhålla bärighet under byggnadstiden. I sådana fall skall enligt Mark AMA 72 C 2.5 utföras avskärningar med fyllning av lera på en sträcka av ca 2 m på ungefär var 50:e meter för att hindra dränering i sanden längs ledningsgraven.

I vilken mån sådana leravskärningar är verksamma på det sätt som avses vet man mycket litet om, varken när ledningsgraven är schaktad enbart i lera eller när den skär genom friktionsjordar helt eller delvis.

2 MÅLSÄTTNING

Forskningsprojektets allmänna målsättning är:

att ta fram två praktiska hydrologiska modeller som visar grundvattensänkningseffekterna i samband med modernt, normalt utförande av ledningsgravar i växelvis morän och lera respektive enbart lera

att söka utvärdera modellerna till generell tolkning

att dra slutsatser om eventuella, skadliga effekter och möjliga åtgärder att motverka dessa effekter.

3 METOD

3.1 Ledningsgrav i lera och morän

Metoden har varit såvitt möjligt kontinuerliga observationer av grundvattenstånd i moränen såväl före som under och efter exploateringsarbetena och av grundvattenstånd i ledningsgravarna såväl under som efter exploateringsarbetena jämte jämförelse av dessa vattenstånd med arbetsplan och meteorologiska förhållanden.

3.2 Ledningsgrav i lera

Metoden har varit observationer av grundvattenstånd i friktionsjordlager under leran och av sprickvattenstånd (grundvattenstånd) i torrskorpeleran i en tvärsektion till ledningsgraven efter ledningarnas utförande jämte jämförelse av dessa vattenstånd med meteorologiska förhållanden.

4 BESKRIVNING AV PROJEKTEN

4.1 SIAB:s projekt i Backlura, Stockholm

4.1.1 Allmänt

Området om ca 33 ha enligt FIG. 1 har byggts med två typer av fristående kedjehus i trä, det ena om två våningar med rektangulär yta ca 10 x 7 m² och det andra i ett plan i vinkel med kantlängd ca 14 m och bredd ca 4-9 m. Husen är utförda med en hel kantförstyvad grundplatta av betong.

Markarbetena för huvudledningar påbörjades i juni 1973 och var i huvudsak avslutade i mars 1974.

4.1.2 Geologi

Området ligger i en för Stockholms-trakten typisk, starkt kuperad terräng med lersänkor omgivna av bergspartier. Mellan leran och berget återfinnes praktiskt taget genomgående morän med varierande mäktighet. Berggrunden utgörs av gnejs.

Den geologiska kartbilden längs den aktuella huvudledningen och dess omgivningar i ett plan på nivån +16,5 framgår av FIG 2. Vattengång för spillvattenledning går under denna nivå på en sträcka av 300 m (34-40).

4.1.3 Geoteknik

Geotekniska undersökningar för hus- och ledningsgrundläggning har utförts vid flera tillfällen. I samband med den senaste undersökningen år 1972 utfördes grundvattenståndsobservationer i friktionsjorden (morän) under leran vid fyra tillfällen fördelade under året. Dessa observationer fullföljdes år 1973 med tätare observationer med början i mars månad.

Ur geoteknisk synpunkt kan området betraktas i tre delar:norra delen, västra dalgången och östra dalgången.

I östra dalgången finns överst en väl utbildad torrskorpa med minst 2 m mäktighet. Därunder har påträffats en halvfast - fast lera med en största mäktighet av ca 3 m. Lägsta uppmätta skjuvhållfasthet är 0,019 MPa. Leran har en överkonsolidering av ca 0.025-0.04 MPa och ett kompressionsindex enligt ödometerförsök av 7,5 - 13 %.

I den centrala delen av västra dalgången har påträffats en dåligt utbildad torrskorpa med mäktighet mindre än 1 m. Mot öst och väst ökar torrskorpans mäktighet i stort i takt med markytans höjning intill och över 2 m i nordvästra delen av dalgången. Under torrskorpan har påträffats i huvudsak halvfast lera, vars mäktighet i dalgångens mitt varierar mellan ca 2 och 7 m. Leran är i huvudsak en glacial varvig lera. Leran har en uppmätt skjuvhållfasthet av 0.009-0.024 MPa. Vattenhalten varierar mellan 50 och 60 % av torr vikt och kompressionsindex uppgår enligt ödometer till 6-13 %. Det har bedömts att leran i huvudsak är överkonsoliderad med minst 0.01 MPa.

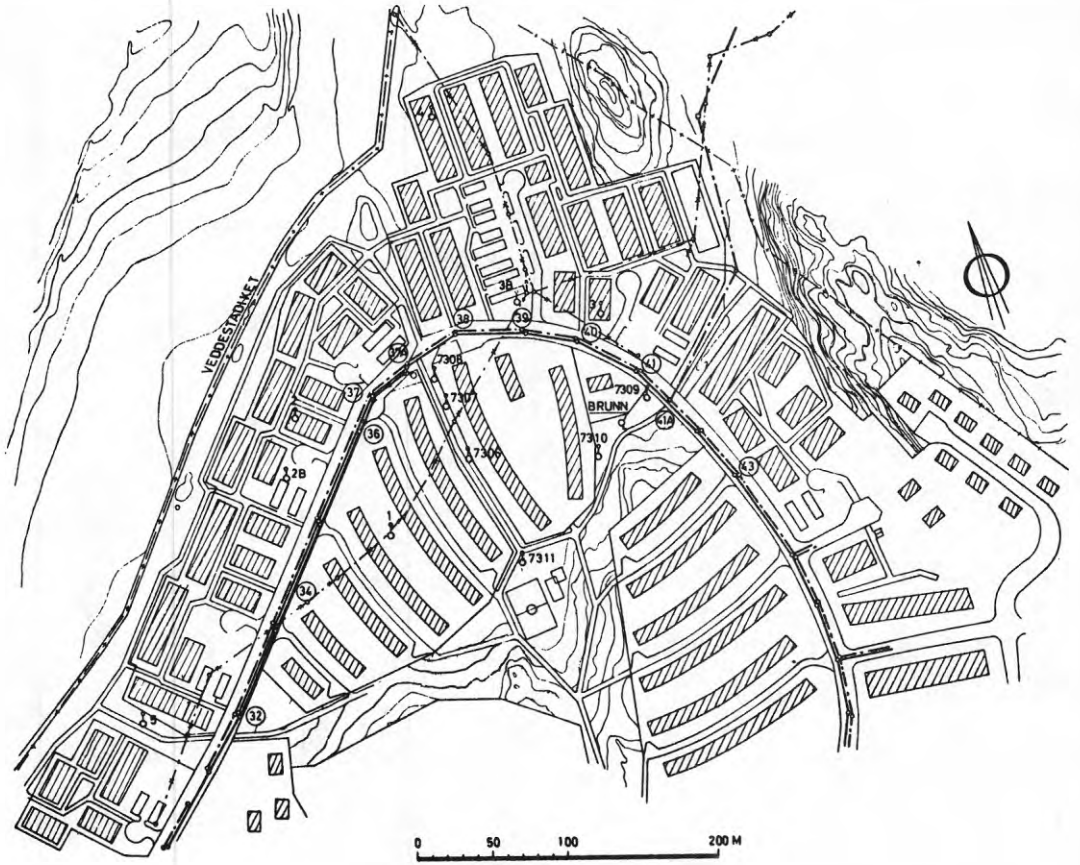


FIG. 1. Plan över Backlura.

Norra delen av området har i huvudsak en svagt utbildad torrskorpa med mäktighet mindre än 1 m. Närmast under torrskorpan har påträffats grå postglacial lera ned till 2-5 m djup under märkytan. På större djup har påträffats glacial, varvig lera. Lerorna synes ha tämligen lika geotekniska egenskaper, varför de beskrives som en jordart, halvfast lera. Mäktigheten av den halvfasta leran ökar mot mitten och mot norr av delområdet med ett största uppmätta djup av ca 15 m. Det har bedömts att lerans skjuvhållfasthet ökar i huvudsak linjärt med djupet från ca 0.01 MPa vid 2 å 3 m djup till ca 0.03 MPa vid 10-12 m djup. Lerans vattenhalt varierar mellan 50 och 60 % av torr vikt. Kompressionsindex varierar enligt ödometer mellan 5 och 14 %. Överkonsolideringsgraden har bedömts till minst 0.01 MPa.

På grund av ojämna lerdjup har inom lerområden rekommenderats grundläggning av husen på stödpålar, vilket också skett.

4.1.4 Ledningar

Huvudledningar vid Backlöksvägen och Svärdslliljevägen består av spillvattenledning, dagvattenledning, vattenledning och på ca 60 m mellan 36 och 37A av tryckavloppsledning (FIG 1).

Spillvattenledningen har från båda håll fall mot ett pumpverk vid punkt 37A (FIG 3) så att största schaktdjupet där uppgår till 4,5 m. Dagvattenledningen har fall mot punkt 41A, varifrån enbart dagvattenledning går norrut från området, likaså med självfäll.

I profilen (FIG 3) är lägsta vattengång på spillvattenledningen +15.53 vid punkt 37A och på dagvattenledningen +16.51 vid punkt 41A.

Spill- och dagvattenledningarna är utförda av gummiringfogade betongrör, dimensionerade för väg- och gatutrafik, enligt bestämmelser och anvisningar, som utges av Svenska vatten- och avloppsverksföreningen (VAV). Dimensionen är 300 mm diameter (inv.) för spillvattenledningen och 300 - 800 mm diameter för dagvattenledningen. Spillvattenledningarna har utförts av fabrikat Kanmax med slät fogyta. Dagvattenledningarna är av fabrikat Germax med sträv fogyta.

På var 100:de meter är utfört tät kärnor av lera i ledningsgraven.

4.1.5 Arbetsplan

Uppgiften är på denna plats att följa upp inverkan på grundvattenstånd i de vattenförande jordlagren under leran genom dränering till ledningsgraven på grund av de kontaktsträckor som ledningsgraven har med dessa vattenförande jordlager (FIG. 2 och 3).

För detta ändamål har, utöver tidigare i samband med de geotekniska undersökningarna utsatta observationsrören 1-5, utsatts ytterligare observationsrör i två profiler vinkelrätt mot huvudledningen, nämligen rören 7308, 7307, 7306 och 7311 mitt för lägsta vattengång i ledningsprofilen (punkt 37A) samt 7309 och 7310 mitt för lägsta vattengång i dagvattenledningen (punkt 41A). I den sistnämnda profilen har även kunnat nyttjas en befintlig brunn för observationer.

Vidare har i ledningsgraven i samband med återfyllningsarbetena utsatts observationsrör med silspetsarna i nivå med vattengång i spillvattenledning (S 00) respektive dagvattenledning (D 00) vid punkterna 37, 37A, 38, 39, 40 och 41. Dessa observationsrör har avsetts att följa upp grundvattentrycknivån i ledningsgravens återfyllningsmassor.

De nysatta observationsrören har utgjorts av 25 mm järnrör med perforerad insticksspets (FIG 4), som utförts i genom leran till minst 30 cm djup i underliggande morän försonderade borrhål. Rören har i de flesta fall ej kunnat neddrivas lika djupt som sonderingarna. De har upplyfts 10 cm och därefter vattenfyllets och vattensjunkningen under 60 minuter uppmäts. Resultaten, som ger en god uppfattning om kommuniceringsförhållandena, redovisas i tabell 1.

TAB. 1

Rör nr	Sjunkning i cm från rör ök efter 60 min
7306	29
7307	5
7308	3
7309	115
7310	2
7311	51

Av betydelse för utvärderingen är den kronologiska arbetsgången vid exploateringsarbetena, speciellt vad gäller ledningsarbetena. Arbetsgången under schakt- och länshållningsarbetena återges i en tidplan (FIG. 5).

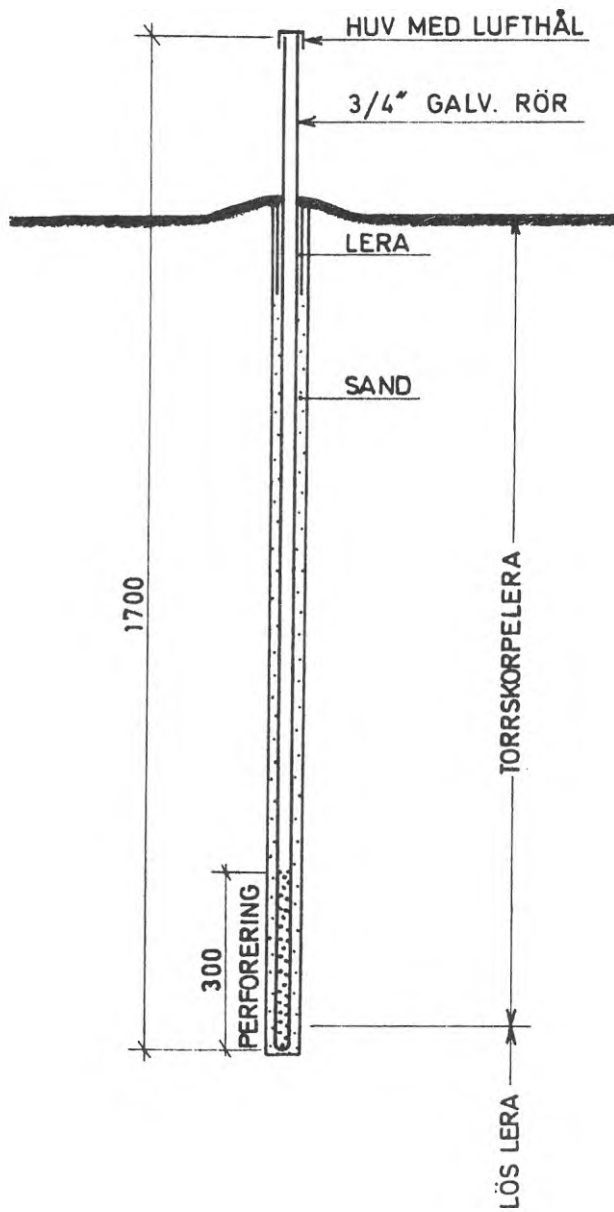


FIG. 4. Rörspets för observationsrör 7306 - 7311, Backlura.

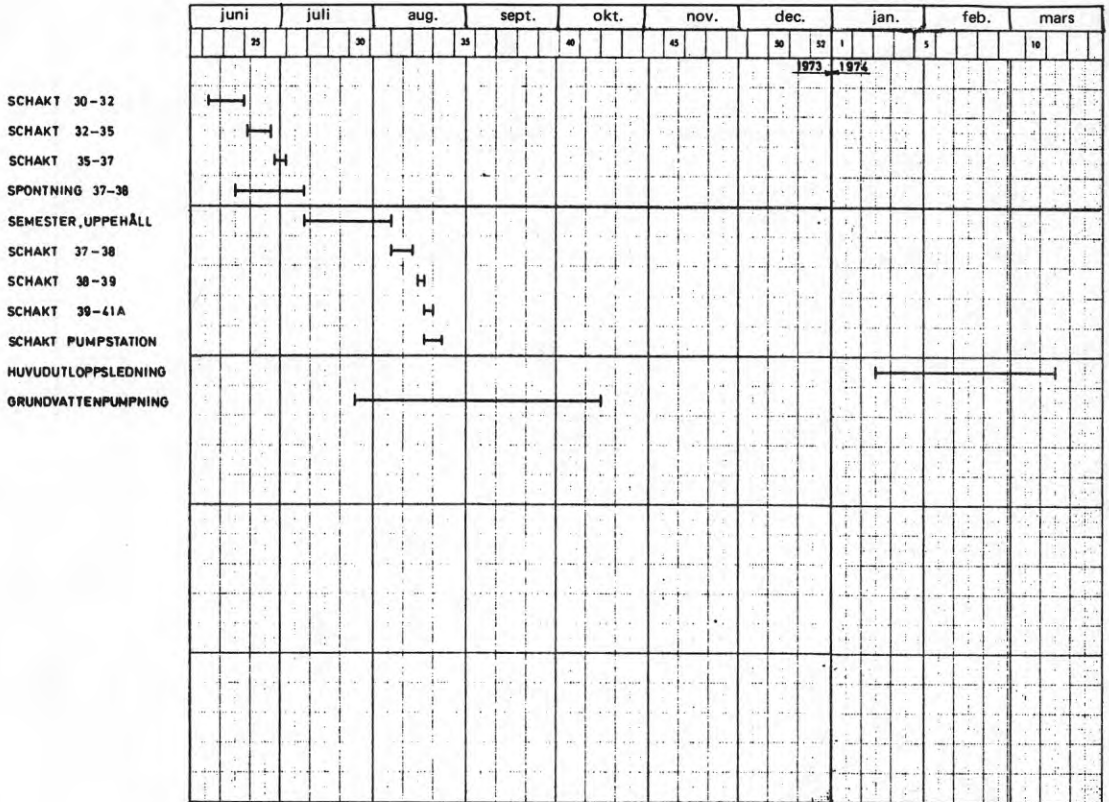


FIG. 5. Tidplan för ledningsarbeten, Backlura.

Jordlagerföljden vid observationsrören redovisas i tabell 2.

TAB. 2

Rör nr	Mark- ytans nivå	Djup från markytan, m	Måktighet lera, m	Nivå perforering
7306	+19.36	9.9	8.4	+10.36 - +10.46
7307	+19.24	8.4	6.3	+11.24 - +11.34
7308	+19.29	6.8	6.4	+12.69 - +12.79
7309	+19.94	4.8	4.5	+15.44 - +15.54
7310	+20.44	3.0	2.7	+17.44 - +17.54
7311	+20.06	7.4	6.5	+12.76 - +12.86

4.1.6 Observationer

Vattenståndsobservationer har före forskningsprojektet företagits i observationsrör betecknade 1, 2, 3 och 5, bestående av porvatten-tryckmätare nedförda genom lera till underliggande morän. Dessa observationer har skett vid fyra tillfällen år 1972 och regelbundet en gång i veckan från 14 mars 1973 så länge observationsrören fått stå intakta för exploateringsarbetena.

Observationerna år 1972 redovisas i tabell 3.

TAB. 3

Observationsrör nr	Vattenstånd år 1972 den			
	15/2	9/3	6/5	14/12
1	+18.28	+18.34	+18.11	+18.44
2	+18.52	+18.59	+18.38	+18.86
3	+17.46	+17.47	+17.40	+17.72
5	+17.84	+17.91	+17.78	+18.24

Observationerna i samma rör från 14 mars 1973 redovisas i FIG. 6.

I slutet av maj 1974 ersattes rören 1, 2 och 3 med nya rör 1, 2B och 3B, men denna gång användes observationsrör av samma typ som serien 7306 - 7311. Rör 1 är placerat på samma plats medan 2B och 3B från exploateringssynpunkt måste placeras något förflyttade i förhållande till 2 resp. 3. Rörspetsarnas nivåer redovisas i tabell 4.

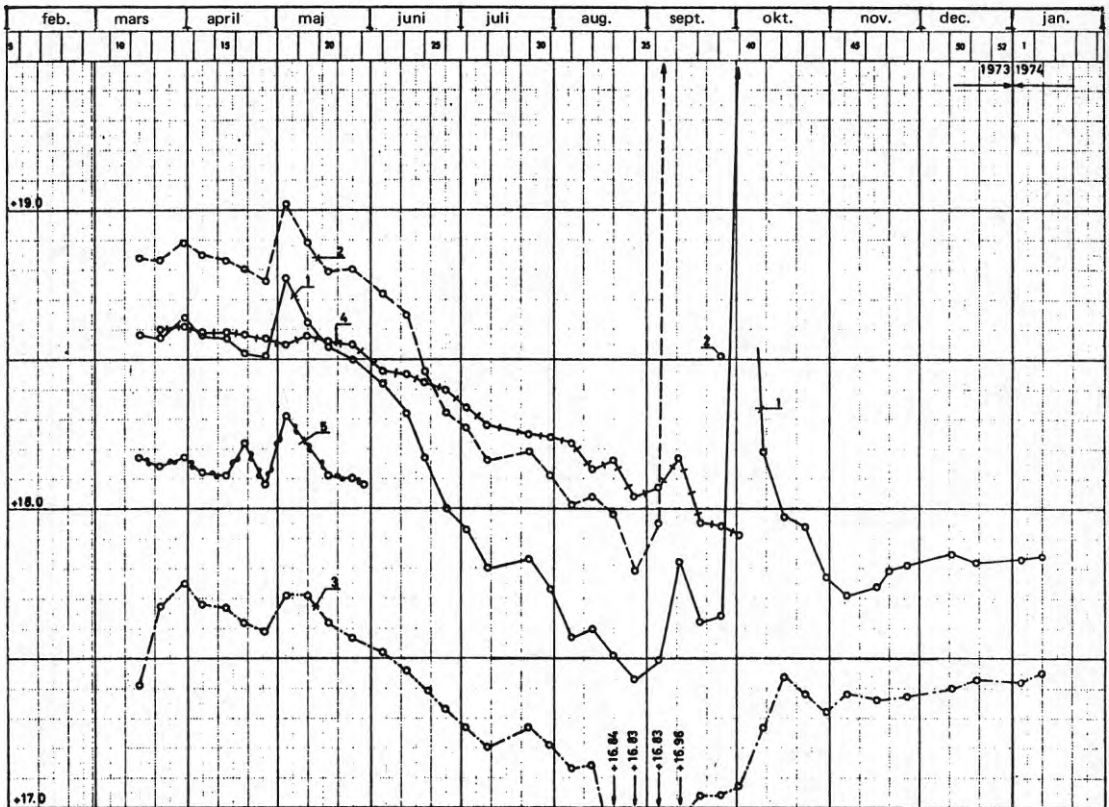


FIG. 6. Observationer i rör 1 - 5, Backlura.

TAB. 4

Obs.rör nr	Markyta	Nivå perforering
1	+18.79	+9.99 - + 10.09
2B	+19.58	+9.61 - + 9.71
3B	+18.97	+8.61 - + 8.71

Observationer från 27 maj 1974 redovisas i tabell 5.

TAB. 5

Obs.rör nr	Vattenstånd år 1974 den						
	27/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	11/7
1	+18.65	+18.19	+18.16	+18.09	+18.09	+18.06	-
2B	+19.15	+18.32	+18.26	+18.17	+18.19	+18.23	+19.11
3B	+17.66	+17.60	+17.58	+17.54	-	-	+18.21

I de observationsrör (7406 - 7311) som utsatts i juni 1973 och i en befintlig brunn mellan rören 7309 och 7310 har regelbundna observationer en gång i veckan företagits från den 3 juli 1973 med undantag för de störningar i form av sönderkörda eller överfyllda rör som exploateringsarbetena oundgängligen åstadkommit.

Resultaten redovisas i FIG. 7.

I de observationsrör som utsatts i samband med återfyllning av ledningsgraven på sträckan 37 - 41 har observationer påbörjats så snart rören utsatts (FIG.8). Tyvärr har den intensiva transportverksamheten på Backlöksvägen och Svärdslliljevägen under vintern och våren 1974 helt spolierat observationsmöjligheterna under denna period. Två av observationsrören kunde restaureras i början av juni 1974.

Resultaten redovisas i tabell 6.

TAB. 6

Obs.rör nr	Vattenstånd år 1974 den	
	4/6	7/6
S37A	+17.11	+17.17
S38	+17.25	+17.31

Lägen för samtliga observationspunkter framgår av FIG. 1. Alla observationer har utförts manuellt huvudsakligen med s k Klucklod. Avläsningsnoggrannheten är ± 1 cm. Under avläsningsperioden registrerad nederbörd vid SMHI:s station vid Barkarby (nr 9726) mars-juni 73 och vid Bromma (nr 9720) juli 73 - juni 74 har angivits på FIG. 9.

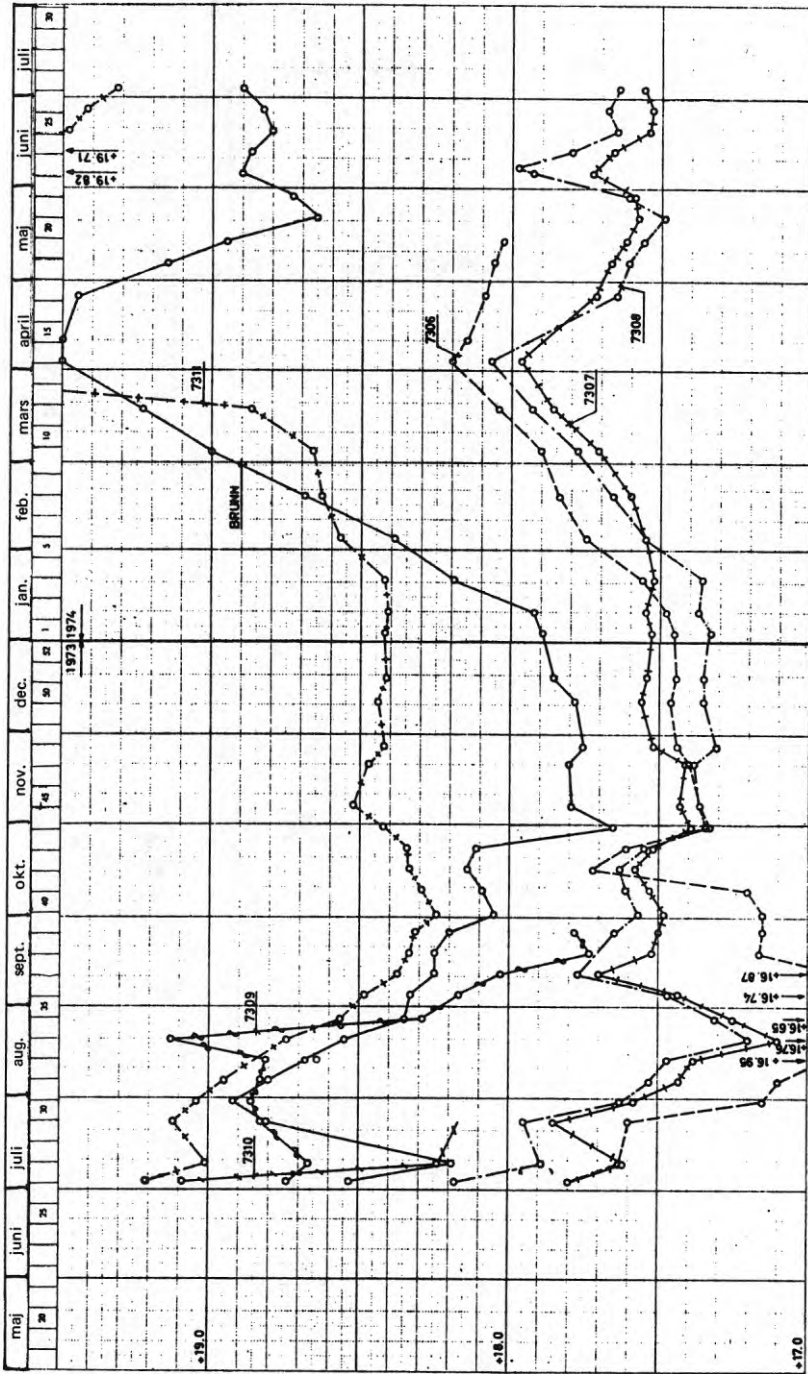


FIG. 7. Observationer i rör 7306 - 7311 och brunn, Backlura .

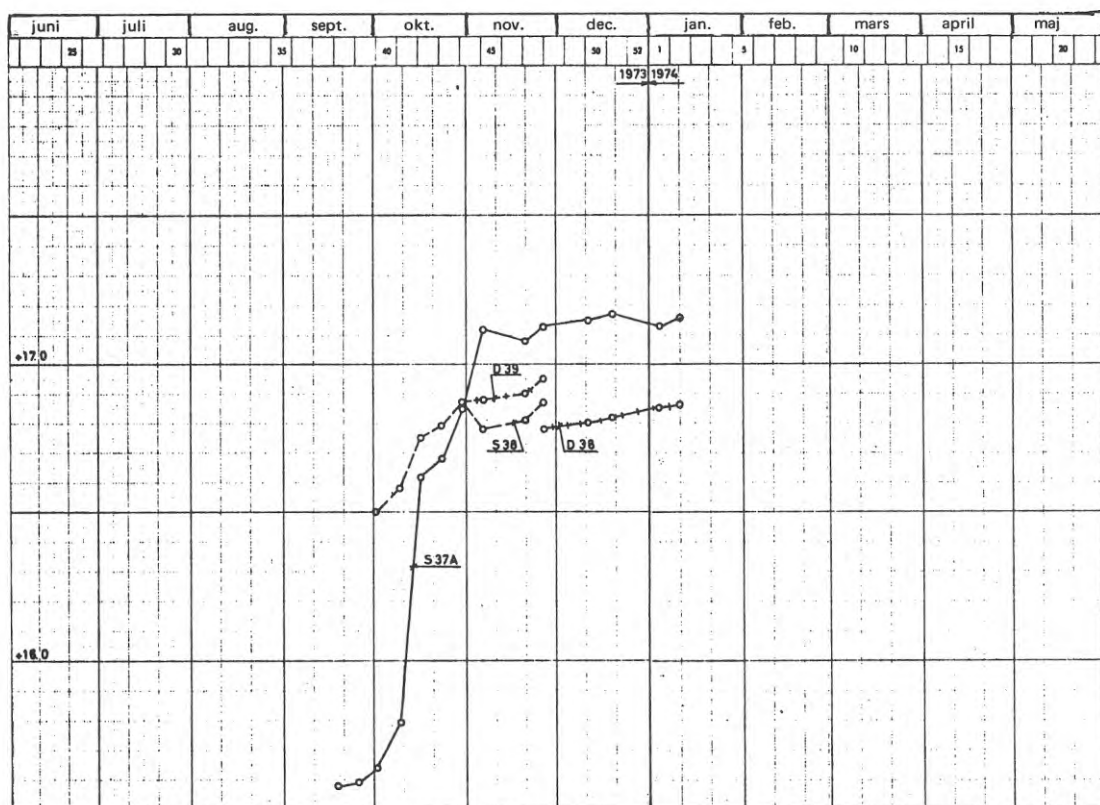


FIG. 8. Observationer i observationsrör i ledningsgrav, Backlura.

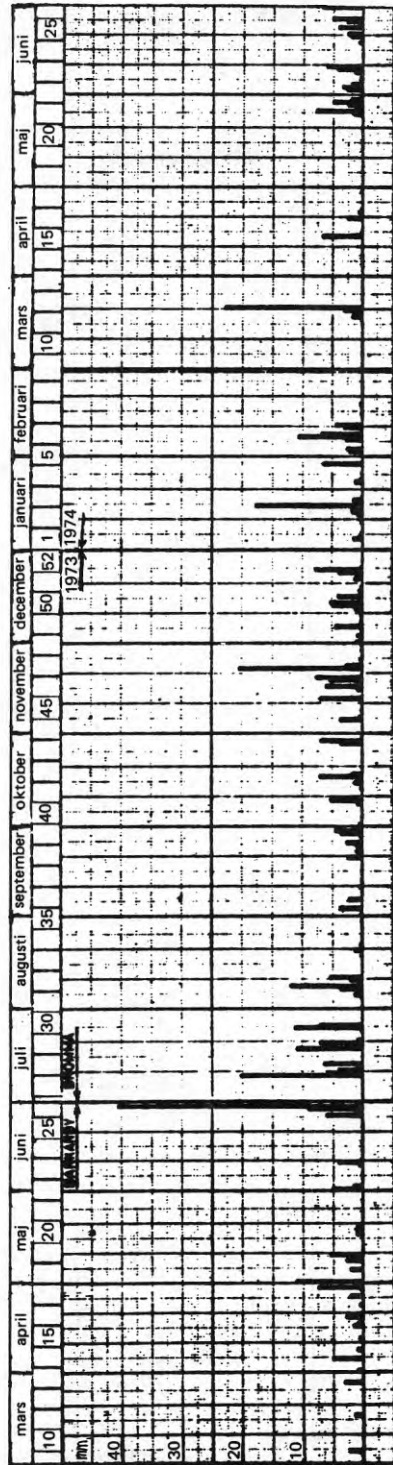


FIG. 9. Nederbörd vid Barkarby och Bromma.

4.2 Bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg

4.2.1 Allmänt

Ett område om ca 20 ha i Torslanda Hög har exploaterats för huvudsakligen radhus och kedjehus med ledningsutbyggnad under år 1972 (FIG. 10). Sommaren 1973 har ledningsarbetet kompletterats med dräneringsavskärande tät kärnor dels av betong och dels av lera.

4.2.2 Geologi

Området är från geologisk synpunkt typiskt för Göteborg med lera vilande på berg eller tunt lager morän. Berggrunden har starkt varierande topografi. Berget går i dagen strax söder och norr om områdets centrala del.

4.2.3 Geoteknik

Leran har varierande egenskaper. Viktsond sjunker i allmänhet utan vridning för 25 - 100 kg belastning. Torrskorpans tjocklek varierar mellan ca 0,5 och ca 2,0 m. Lerans fasthet tilltar mot de nedersta lagren (0.1-1.2 m).

4.2.4 Ledningar

Ledningar är byggda i gator och gångvägar med spillvattenledning, dagvattenledning och vattenledning i samma ledningsgrav med armerad till större delen pålad betongplatta som bärande konstruktion, på vilken ledningarna ligger i samkross.

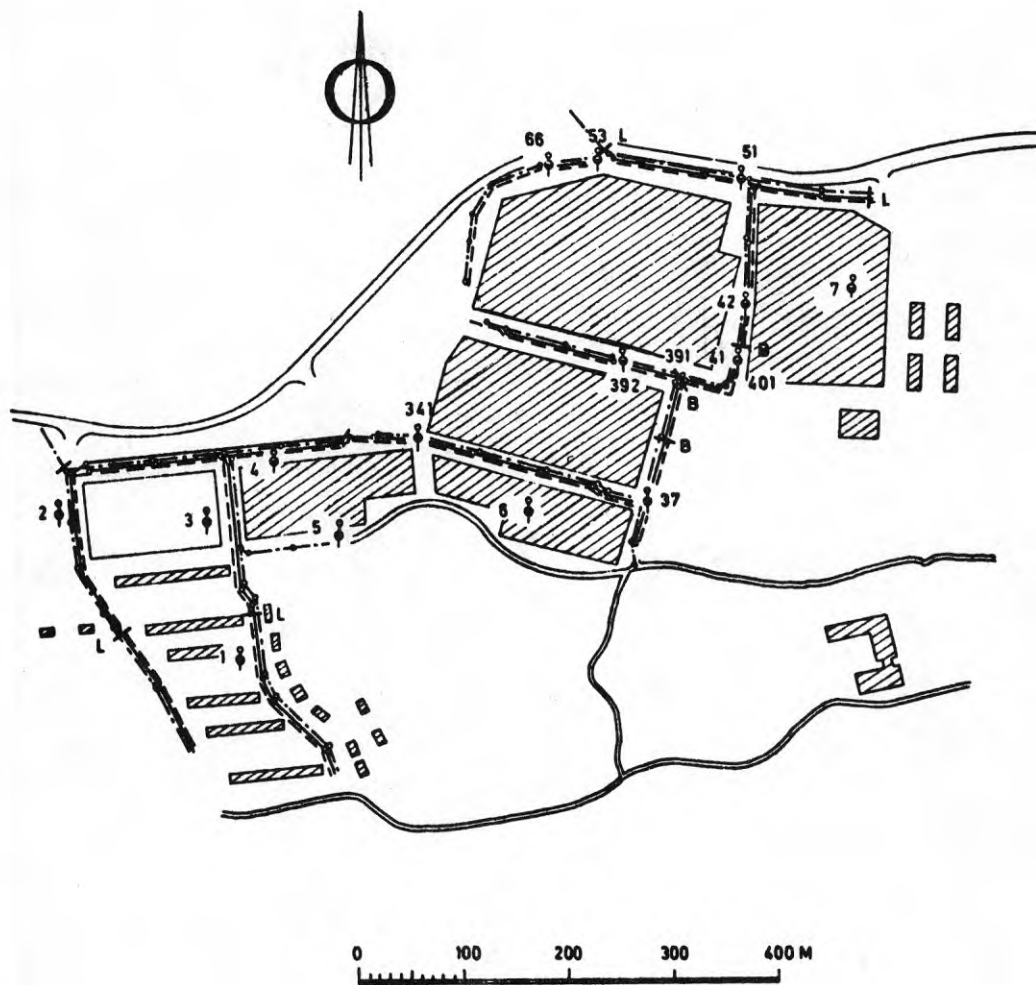
4.2.5 Arbetsplan

Uppgiften är i detta område att följa upp inverkan på sprickvattenstånd i torrskorpan och porvattentryck i leran genom dränering till ledningsgravens fyllning.


Tidigare (februari-73) har efter ledningarnas utförande vattenstånd i ledningsgravarna och grundvattentryck under leran följts upp i observationsrör i ledningsgrav mitt emellan spillvatten- och dagvattenledningarna, nämligen obs.rör 37, 41, 42, 51, 53, 341 och 392(FIG.10)

För att utröna eventuell effekt av under sommaren 1973 utförda tät kärnor av betong respektive lera (FIG.10) har under perioden september -73 till april -74 gjorts kompletterande vattenståndsobservationer i nyss nämnda observationsrör.

Även grundvattentrycket under leran har följts upp under perioden mars -73 till maj -74. För huvuduppgiften att följa upp inverkan på sprickvattenstånd i torrskorpan utanför ledningsgraven har utförts kompletterande sondborringar (8 - 11) (FIG. 11 och 12) och utsatts sprickvattenobservationsrör (A - F i FIG. 11 och 13) i en sektion vinkelrätt mot ledningssträckan 391 - 401 (FIG. 10). Observationsrören A-F har utförts av 19 mm galvaniserade rör försedda med perforering nederst på 30 cm längd enligt FIG. 14. Rör G har satts i ledningsgraven mellan spill- och dagvattenledningen ned till betongplattan (FIG. 13).



BETECKNINGAR


 TÄTKÄRNA, BETONG


 TÄTKÄRNA, LERA

FIG.10. Plan över Torslanda Hög.

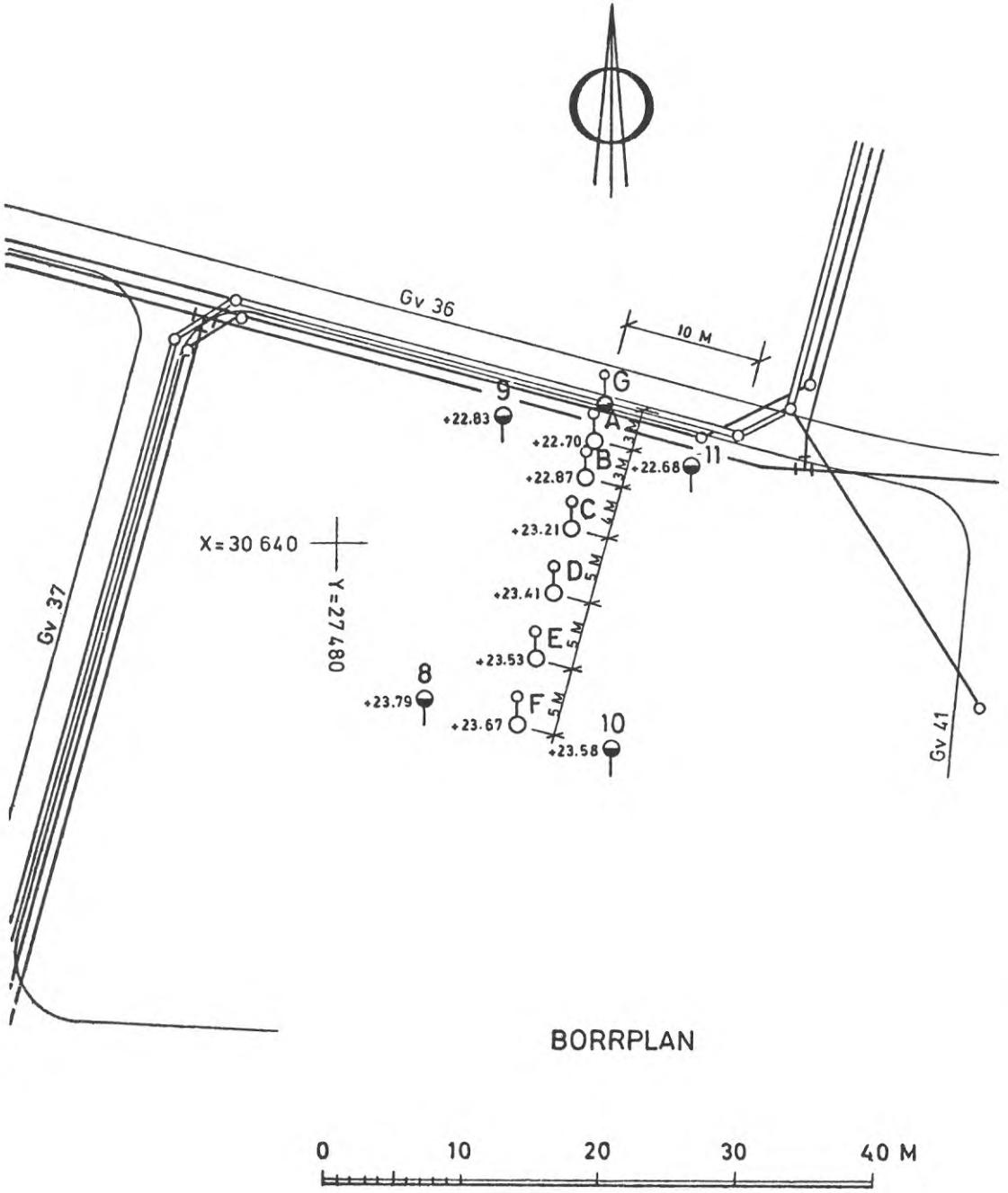


FIG. 11. Situationsplan sondborrhål S - 11 och sprickvattenrör Torslanda Hög.

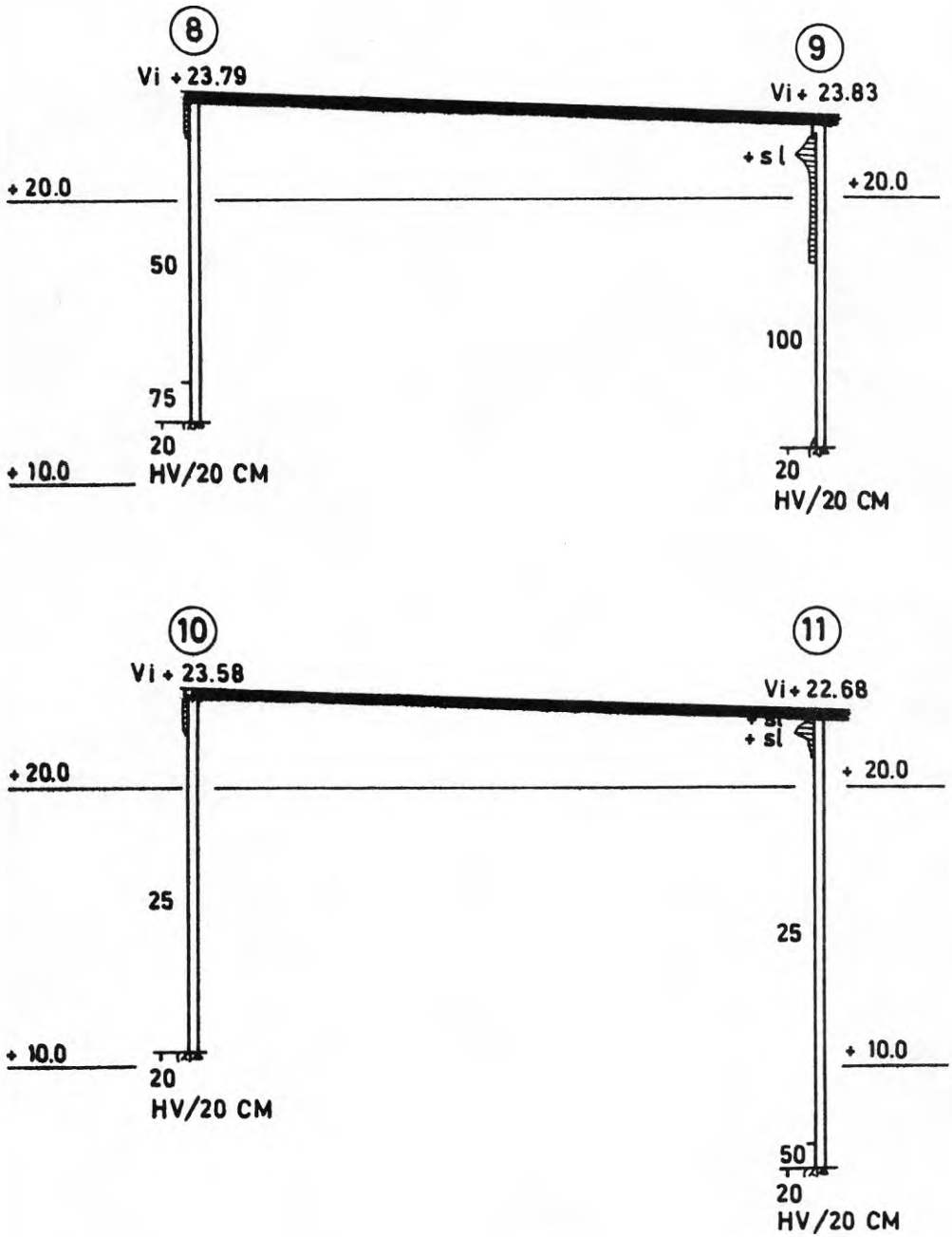


FIG. 12. Sektioner sondborrhål 8 - 11, Torslanda Hög.

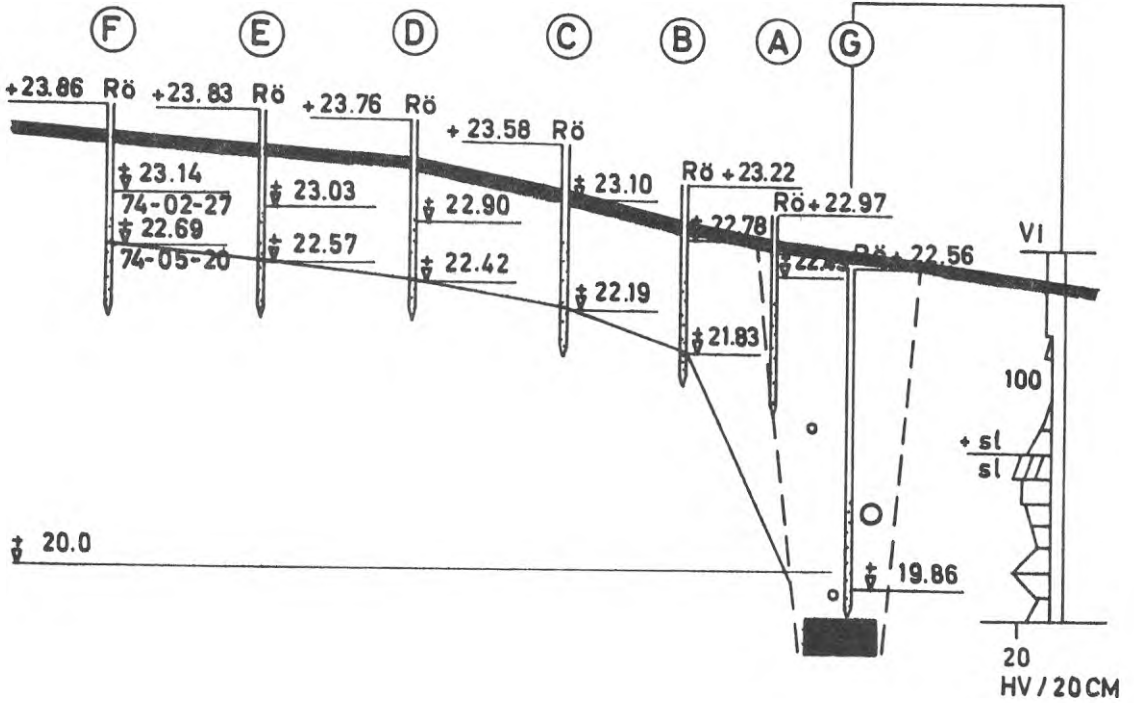


FIG. 13. Sektion sprickvattenrör, Torslanda Hög.

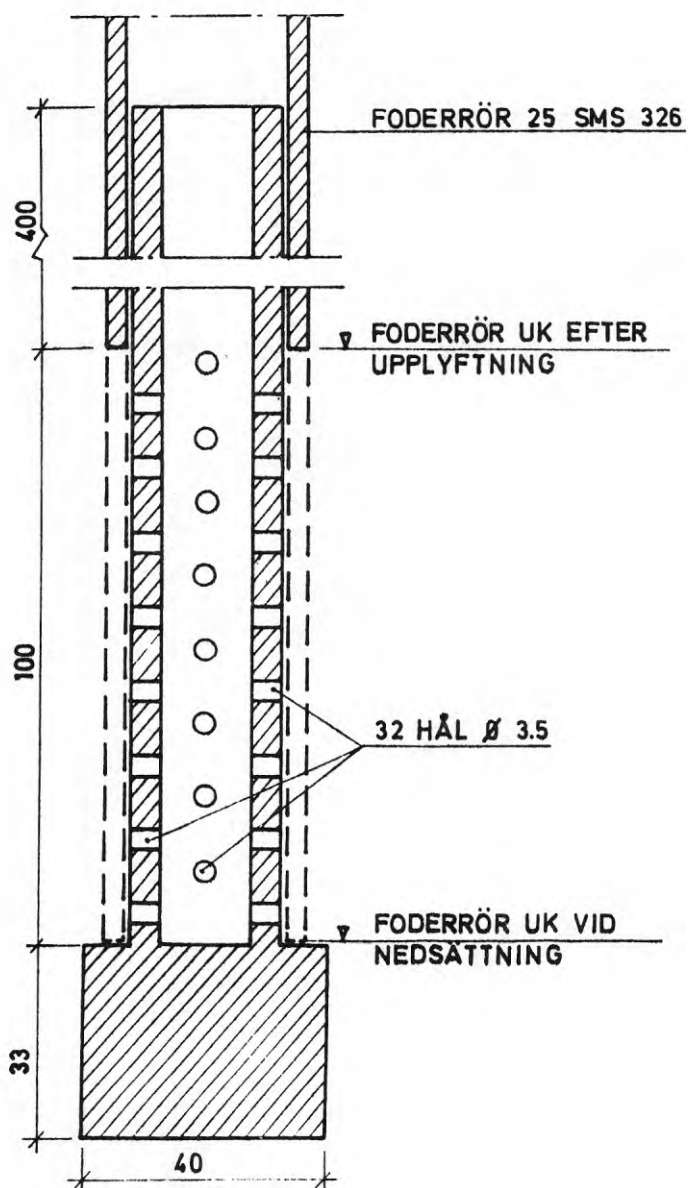


FIG. 14. Typritning sprickvattenrör, Torslanda Hög.

4.2.6 Observationer

Manuella vattenståndsobservationer har skett med varierande tidsintervaller i ledningsgravsobservationsrören 41, 42, 51, 53 och 66 sept -73 till april -74 (FIG. 15), ledningsgravsobs.rören 37, 41, 341 och 392 sept -73 till april -74 (FIG. 17), obs.rören till lerans underkant 1 - 6 mars -73 till maj -74 (FIG. 18) och sprickvattenrör A - F jan till maj -74 (FIG. 17).

Registrerad nederbörd vid SMHI:s station vid Torslanda (nr 7143) under perioden mars -73 till maj -74 framgår av FIG. 19.

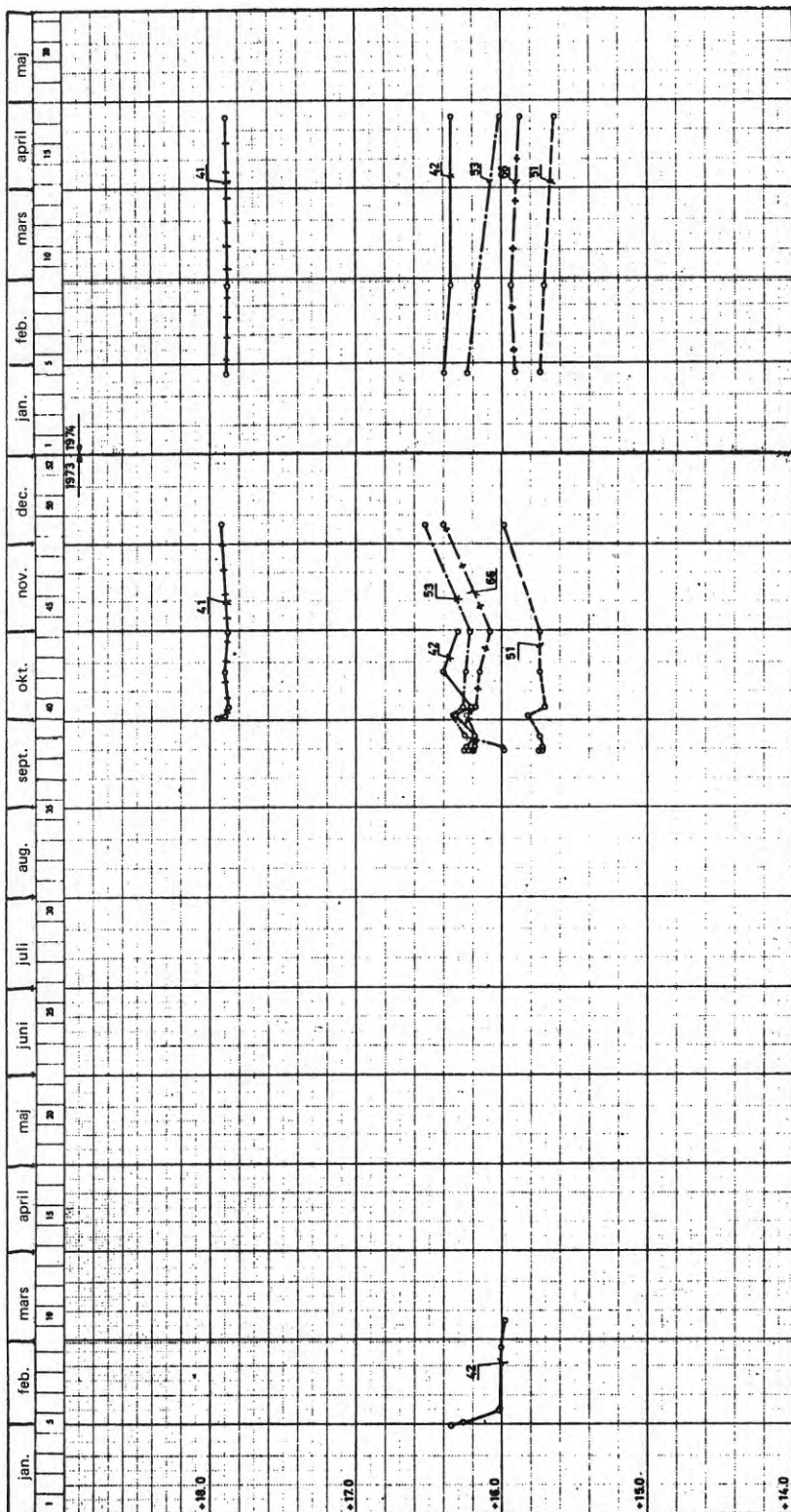
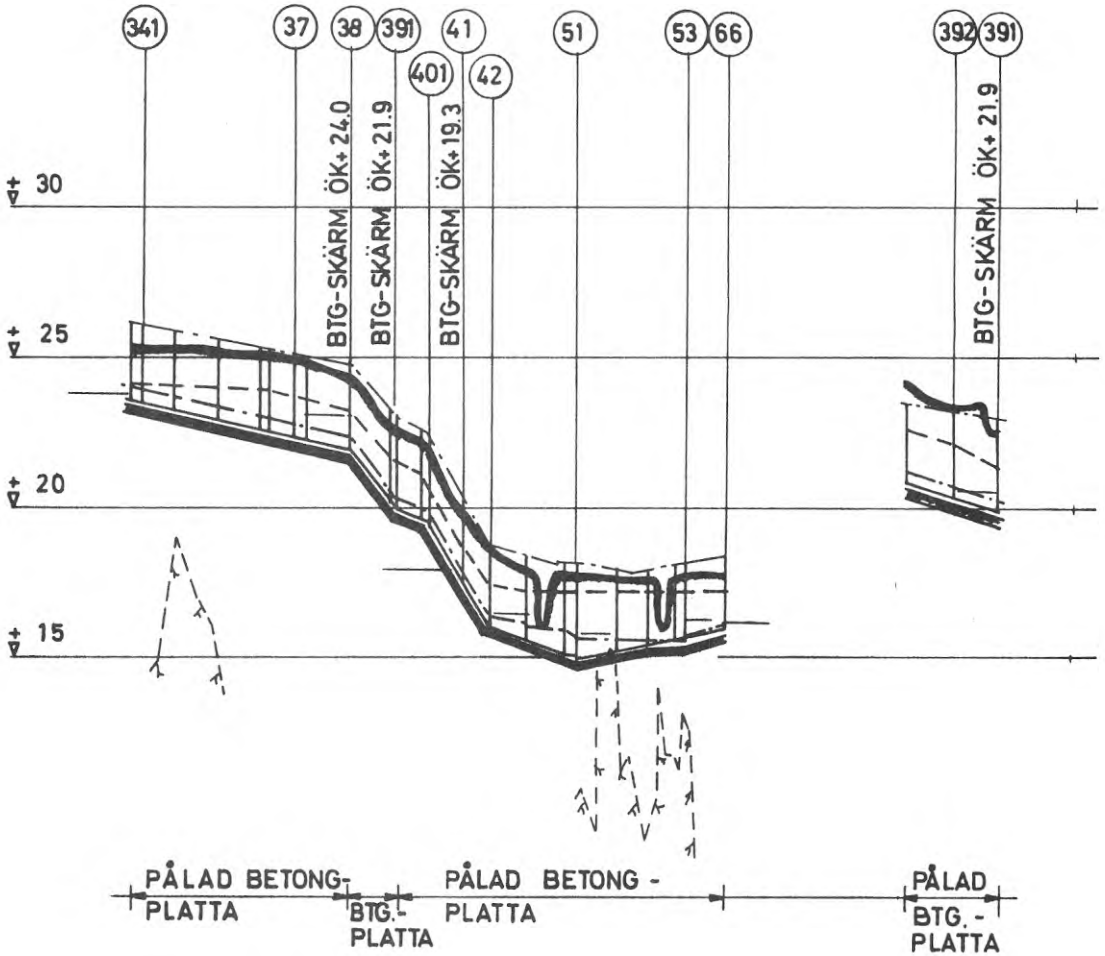


FIG. 15. Observationer i observationsrör i ledningsgrav, Torslanda Hög.



TECKENFÖRKLARING










-  URSPRUNGLIG MARKNIVÅ
-  PROJEKTERAD MARKNIVÅ
-  BERGKONTUR
-  UTFÖRD SPILLVATTENLEDNING
-  VATTENGÅNG MED NEDSTIGNINGSBRUNN
-  UTFÖRD DAGVATTENLEDNING
-  VATTENGÅNG MED NEDSTIGNINGSBRUNN
-  ARMERAD BETONGPLATTA
-  UNDERKANT TORRSKORPELERAN

FIG. 16. Huvudledningsprofil, Torslanda Hög.

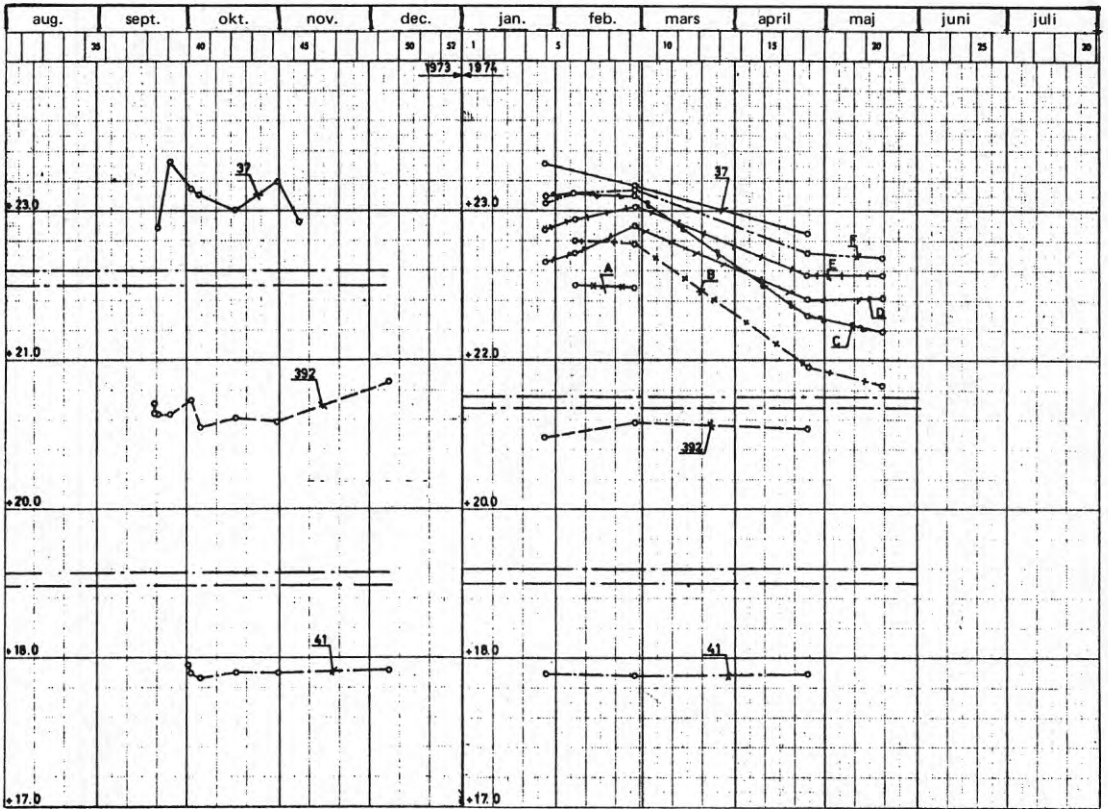


FIG. 17. Observationer i sprickvattenrör och i 4 observationsrör i ledningsgrav, Torslanda Hög.

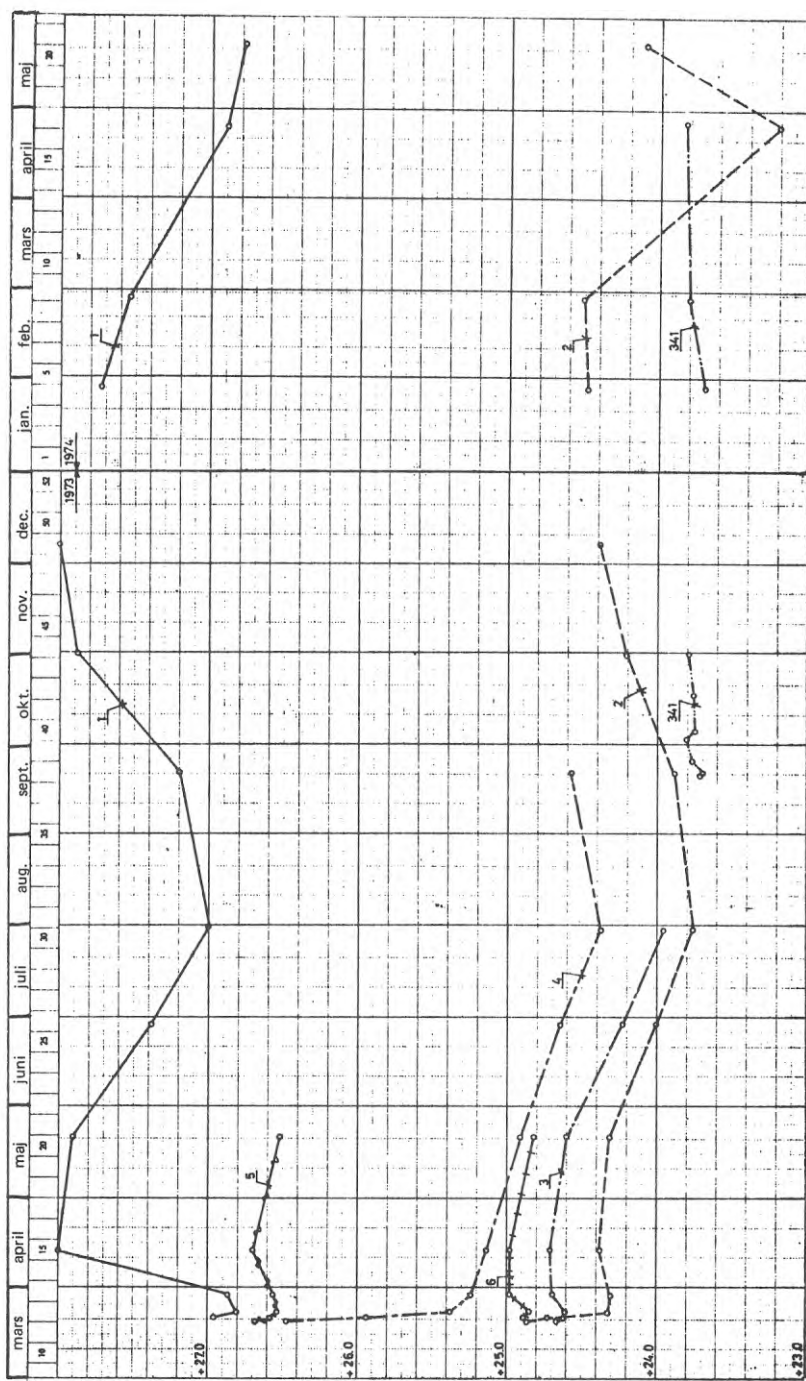


FIG. 16. Observationer i observationsrör till lerans u k, Torslanda Hög.

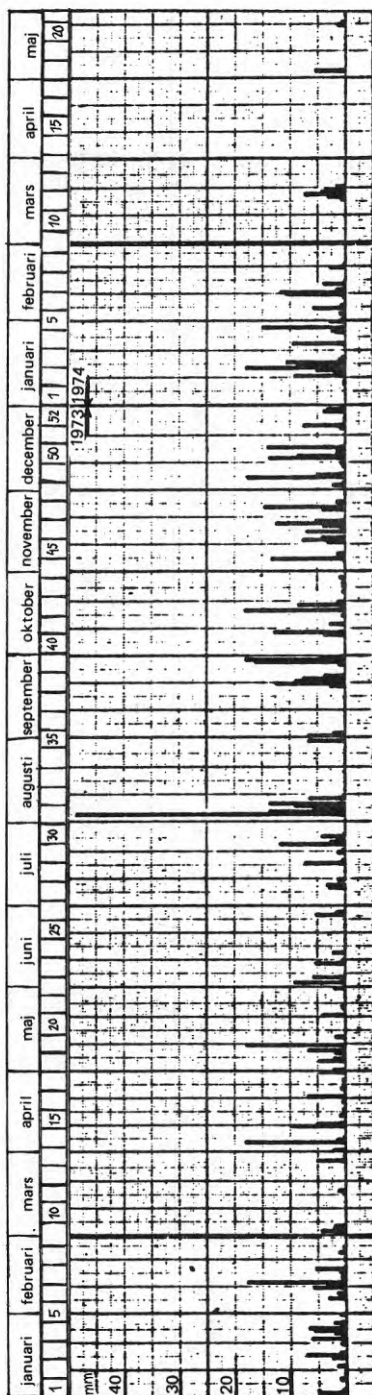


FIG. 19. Nederbörd vid Torslanda.

5 RESULTAT

5.1 Allmänt

Resultaten av de båda undersökningar som genomförts kan framstå först efter en noggrann analys av de redovisade grundvattenståndsobservationerna, där en integrerande hänsyn måste tas till rådande meteorologiska förhållanden, speciellt nederbörden, under byggnadstiden verkställda och grundvattenståndet påverkbara åtgärder, geohydrologiska förhållanden och naturliga grundvattenståndsvariationer.

Det är avvikelser från förväntade nivåförändringar på grund av de meteorologiska förhållandena som är av intresse, och framför allt tillståndet efter exploateringsarbetena med inbördes nivåförhållanden mellan grundvattenstånd i naturliga och av schaktning eller pålning opåverkade jordar och grundvattenstånd i återfyllnadsjordar i ledningsgravarna har avgörande betydelse i resultatbedömningen.

5.2 SIAB:s projekt i Backlura, Stockholm5.2.1 Analys av observationsmaterialet

Vattenståndsobservationerna år 1972 (rör 1 - 5) med endast fyra observationstillfällen är alltför få för att närmare kunna analyseras. De kan därför endast tjäna som stickprov på rådande grundvattenstånd före ingreppet.

Observationerna av samma rör från mars 1973 till januari 1974, FIG. 6, visar en kraftig nedgång från maj till månadsskiftet augusti-september för rören 1, 2 och 3. Den första frågan man kan ställa sig är om denna nedgång är enbart naturligt betingad. Man finner efter jämförelse med nederbörden, FIG. 9, att så skulle kunna vara fallet fram till slutet av juni. Den rikliga nederbörden i juni och juli, sammanlagt 148 mm, borde emellertid ha gett upphov till åtminstone en upphörande avsänkning men sannolikt en viss återhämtning. Så har emellertid ej blivit fallet, utan grundvattennivån har fortsatt att sjunka, bortsett ifrån en kortvarig mindre återhämtning mellan 9 och 23 juli under byggsemestern.

Nederbörden i augusti och september var långt under normal (ca 40 %), varför en fortsatt grundvattensänkning på grund härav skulle ha förväntats under denna del av vegetationsperioden. Lägsta nivå noterades emellertid i månadsskiftet augusti-september, varefter vattenståndshöjningar inträffade i rören 1, 2 och 3 med i stort sett en uppgång ända fram till början av januari 1974 i rören 1 och 3, då dessa rör spolierades. Rör 2 blev förstört redan i september 1973. Vattenståndet i rör 4, som blev förstört i början av oktober, visar i stort sett en jämn nedgång från maj. En från nederbördssynpunkt helt omotiverad, tillfällig uppgång har här inträffat i första hälften av september.

Observationerna i rören 1 - 4 har således visat att en påtaglig påverkan skett på grundvattentrycket i moränen av ledningsbyggnadsarbetena och speciellt av den grundvattenpumpning ur ledningsgraven som skett för torrhållning under byggnadstiden. Avsänkingsförloppets ökande intensitet i senare hälften av juni kan sättas i samband med schaktningens kontakt med moränen, FIG. 2, 3 och 5.

Ger man på förhållandena efter ledningsarbetena sådana de återspeglas i de restaurerade rören 1, 2B och 3B, tabell 5, finner man vid rör 1 och 2B en lägre nivå den 5 juni 1974 än den 4 juni 1973 (23 respektive 40 cm) medan nivån vid 3B i stället är 8 cm högre. Har då en permanent avsänkning genom ledningsarbetena inträffat? Mot bakgrund av att nederbörden från och med juni 1973 till och med maj 1974 vid de registrerande stationerna Barkarby (juni -73) och Bromma visar ett underskott på 64 mm i förhållande till normal nederbörd har man anledning att besvara frågan med nej. De avlästa vattenstånden den 6 maj 1972, tabell 3, med lägre nivåer vid 1 och 3 än den 5 juni 1974 styrker denna slutsats.

Observationerna av de nyare observationsrören 7306 - 7311 och befintlig brunn ger en mer sammanhängande och detaljerad bild av händelseförloppet under och efter ledningsarbetena än rören 1 - 5, men mätningar före och i inledningsskedet (juni -73) har av kronologiska orsaker ej kunnat erhållas.

De största variationerna på hög nivå uppvisar rör 7311 och de största på låg nivå uppvisar rör 7306. Rör 7309 visar också stora variationer men har spolierats redan i september -73. Som framgår av tabell 1 har dessa tre rör också den bästa kommunikeringen via rörspetsar med moränen. De övriga rören har genom sämre kommunikering större tröghet i reaktionerna för ändrade grundvattentryck i moränen. Detsamma kan sägas vara fallet med brunnen, som genom sin stora volym fordrar relativt stora vattentillflöden för samma nivåuppfyllnad som ett observationsrör.

Rör 7306 visar absolut sett lägsta grundvattenstånd i naturligt lagrad morän under perioden 23 juli till 9 oktober 1973. Detta är med hänsyn till rörets läge onaturligt och sammanhänger med länshållningspumpning av grundvatten vid avloppspumpverket invid punkt 37A. Att rören 7308 och 7307 ej visar lägre nivåer sammanhänger med att länshållningsvattnet släppts ut på marken ett 30-tal meter öster om avloppspumpverket, varefter vattnet återinfiltrerats och därigenom höjt trycknivåerna vid 7308 och 7307.

Efter det att länshållningen upphört (oktober 1973) inträffar en naturlig dränering i riktning mot ledningsgraven, speciellt markant under torra perioder, varvid lägsta nivå i moränen registrerats i rör 7308 närmast ledningsgraven.

De stigande nivåerna i rören 7306, 7307 och 7308 från slutet av januari till början av april torde sammanhänga med dels den relativt regniga blidvårsperiod som då rådde och dels med igenläggning av gamla dagvattenledningen, som torde ha haft en dränerande effekt på grundvattnet.

Rör 7311 är den observationspunkt, där grundvattenståndsvariationerna visar bästa samstämmighet med de meteorologiska förhållandena,

vilket också var att vänta med hänsyn till obs.rörets belägenhet längst från ledningsgraven och närmast moränens infiltrationsytor.

De observationer, som utförts av grundvattenstånd i ledningsgravens återfyllnadsjord (sand), obs.rören S37A, S38, D38 och D39 visar genomgående de lägsta noterade nivåerna, FIG. 8. Rör S37A återger det tydligaste utslaget för länshållningspumpningens upphörande med en nivåhöjning av 1,5 m från slutet av september till början av november. Den högsta, uppmätta nivån, +17.15 i genomsnitt i december, är ca 20 cm lägre än den lägsta uppmätta nivån i moränen intill rör 7308 med medelnivån +17.35 samma månad. Ledningsgravens principiella funktion som dränage för den närbelägna moränen, där ledningsgraven schaktats i morän får därigenom anses ostridig.

Hur stor avsänkning genom denna dränering i genomsnitt blivit går ej att bestämma ur det föreliggande observationsmaterialet. Härtill skulle erfordras ett observationsmaterial med samma mätningsintensitet som det verkställda under minst två år före och minst två år efter exploateringsarbetena. En noggrann bestämning av sådan art i ett enstaka fall som detta skulle emellertid knappast vara meningsfull från vetenskaplig synpunkt emedan resultatet måste förbli kopplat till de speciella geohydrologiska förhållanden som råder på denna plats och således ej generellt kan tillämpas. Man torde emellertid kunna hävda att avsänkning av grundvattentrycket i moränen i de närmaste observationsrören 7308 och 7307 på grund av ledningsgraven uppgår till i medeltal 0,5 - 1,0 m, men att motsvarande avsänkning längre från ledningsgravens skärning i moränen i allmänhet snabbt avtar till noll.

Vad beträffar förhållandena i ledningsgraven finns ingen, varken vad gäller spillvattenledningen eller dagvattenledningen, med ledningens lutning överensstämmande lutning av grundvattennivån i ledningsgraven. Detta tyder på att dräneringen i ledningsgraven ej primärt är en följd av långsgående dränering i fyllningen utan av förekommande otätheter i ledningarna. Härvid synes dagvattenledningen i närheten av punkt 38 vara den lägsta dräneringspunkten. Den 26 november 1973 uppmättes där lägsta nivå med +16.78. Dagvattenledningens vattengång är +16.8.

Dessa förhållanden skulle möjligen kunna tolkas så att lerskärnarna i återfyllningen fyller en viss funktion. Klart är emellertid att ledningarnas och brunnarnas täthet är en viktigare faktor för att hindra dräneringseffekt av ledningsgravar än lerskärnarna.

5.3 Bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg

5.3.1 Analys av observationsmaterialet

Observationerna av grundvattentrycket under leran, FIG. 18, visar tydlig, långsiktig variation med de meteorologiska förhållandena och är klart oberoende av dränering till ledningsgravarna i leran inom området. Vattenståndsvariationerna visar inbördes god samstämmighet hos observationsrören.

Observationerna i ledningsgravarna 1973 -1974 visar relativt små fluktuationer och framför allt nivåer som väl samstämmer med intilliggande spillvattenledningars vattengång (FIG. 15 och 17). De sena-

re men ej dagvattenledningarna ligger alltid något lägre än uppmätta vattennivåer i observationsrören. Detta talar för en tydlig dränering till spillvattenledningen. I samband med större regn sker en förhöjning av nivåerna indikerande en magasinering i ledningsgraven innan vattnet hinner dräneras ut.

De speciella observationerna i torrskorpan av rådande sprickvattenstånd i en sektion till ledningsgraven mellan punkt 391 och 401, FIG. 10, torde här tilldra sig störst intresse. Observationerna i rören A - F under perioden januari - maj 1974 visar god samstämmighet med de meteorologiska förhållandena med en stigande trend i februari i samband med nederbörd över normal och därefter sjunkande vattenstånd till mätperiodens slut på grund av en ovanligt kraftig torrperiod, sammanlagt endast 32 mm från 20 februari till 19 maj. Påfallande är samstämmigheten i avsänkingsförloppet i rören B och C, som också är betydligt snabbare än i de längre från ledningen befintliga rören D - F. I rör C är nivån i februari högre än i rören D och E, vilket tyder på gynnsammare infiltrationsförhållanden = större sprickvattenbildning än vid D och E. Den snabbare utdräneringen vid B och C kan tolkas som en påverkan från dräneringssynpunkt från ledningsgraven och denna påverkan kan således anses sträcka sig 10 m från ledningsgravens centrum med en avsänkning vid C av ca 6 cm och vid B av ca 30 cm i förhållande till beräknad, naturlig. I övrigt (rören D - F) följer grundvattenytan hela tiden mycket väl markytans lutning. Vid slutet av observationsperioden (19/5-74) visar grundvattenytan en tydlig avsänkningstratt fram t o m rör C (FIG. 1)

Ursprungligen avsågs att porvattentryckmätningar skulle genomföras djupare ned i leran i anslutning till sektionen med sprickvattenrör. Mot bakgrund av den ringa påverkan som ledningsgraven haft från dräneringssynpunkt på sprickvattnet har emellertid detta inte ansetts meningsfullt inom den begränsade tidsramen för projektet.

5.4 Slutsatser

Att dra absoluta, generella slutsatser, i vart fall vad gäller siffermässiga värden på utbredning av dräneringspåverkan från ledningsgravar, på grundval av de resultat som framkommit i detta projekt, vore definitivt oriktigt.

Däremot kan vissa principiella slutsatser med fördel hämtas ur materialet.

Därvid kan det vara logiskt lämpligt att börja med förhållandena i ledningsgraven, eftersom det är just därifrån som upphovet till övriga effekter kommer.

Här skall då först nämnas det självklara, att det är ett idealiskt förhållande att rörledning och brunnar vore fullständigt täta och att åter- och kringfyllning skedde med ett material som är lättpackat, har ringa vattengenomsläplighet och helt fyller utrymmet kring rördelarna.

Detta ideala förhållande existerar emellertid aldrig i praktiken. Det blir då närmast intressant att få klarhet i vad olika avvikelser från det ideala förhållandet var för sig betyder. Låt oss börja med återfyllningsmaterialet och anta att ledningarna är fullständigt täta. Ett från utförandesynpunkt lättarbetat material är sand. Det går lätt att jämna till, går lätt att underpacka och fylla utan att bilda opåräknade större hålrum. Om vi antar att sådan natursand har en genomsläpplighetskoefficient av $0,5 \cdot 10^{-3}$ m/s, vidare att vi använder sanden som underbädd och kringfyllning i en ledningsgrav med $2 \text{ m}^3/\text{m}$ ledningsgrav, dvs 2 m^2 effektiv tvärsnittsarea och att ledningsgravens lutning är 3 ‰, erhåller vi enligt Darcy's lag

$$\frac{q}{A} = k \cdot I$$

Med de exemplifierade värdena insatta erhålles:

$$\frac{q}{2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \quad \text{eller}$$

$$q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ l/s} = 10,8 \text{ l/h}$$

Detta flöde är konstant och oberoende av ledningens längd så länge tillgänglig lutning är oförändrad. Det motsvarar den genomsnittliga grundvattenbildningen inom en normal, bevuxen markyta av ca 2000 m^2 i östra Mellansverige. Det innebär att flödet är så litet att om det vore den enda läckagevägen, dvs ledningarna vore fullständigt täta, skulle det ej kunna få någon grundvattensänkande effekt, eftersom grundvattentillflödet som regel skulle vara större.

Om vi å andra sidan föreställer oss att vi kan undvika dränering genom att avstå från sand och därför föreskriver återfyllning med lera inträffar i allmänhet det förhållandet att leran ej blir tillnärmelsevis tillräckligt komprimerad vid återfyllning utan får en hög porositet på grund av torksprickningseffekter under uppschaktningssperioden. Lerans genomsläpplighetskoefficient kan härigenom bli många gånger större än för sand och vi hamnar i så fall i en betydligt svårare dräneringssituation än om vi valt sanden. Helt allmänt är det mycket svårt att vid återfyllning erhålla en tillnärmelsevis tät lerkärna. Det ställer nämligen mycket stora krav på såväl lerans egenskaper som den som utför arbetet.

Låt oss nu i stället överväga rörledningars och brunnars täthet och därvid anta att återfyllningen är så tät som det är praktiskt möjligt, dvs i enlighet med ovanstående utgörs av sand.

Enligt publikation från Svenska vatten- och avloppsverksföreningen (VAV P10) skall den största tillåtna vattenmängd som får tillföras en ledning vid täthetsprovning för att den skall godkännas vara

$$Q = 0,15 \left(1 + \frac{I \cdot L}{2} + \frac{d}{2} \right) \cdot L \cdot \sqrt{d}$$

Tillämpas detta krav exempelvis för de 63 m av spillvattenledningen mellan punkterna 32 och 33 i Backlura med 3 ‰ lutning och 0,3 m inre rördiameter erhålles

$$Q = 0,15 \left(1 + \frac{3 \cdot 63}{1000 \cdot 2} + \frac{0,3}{2} \right) \cdot 63 \sqrt{0,3} = 6,44 \text{ liter}$$

på 10 minuter.

Detta motsvarar således ett möjligt inläckage, om ledningen uppfyller kravet, av 38 liter per timme eller på denna korta sträcka nära 4 gånger mer än en riklig sandåterfyllning enligt föregående exempel förmår avleda längs ledningsgraven. Vattenflödet 38 liter per timme motsvarar grundvattenbildningen i årsgenomsnitt under en normal gräsmatteyta av minst 1300 m² eller i exemplet minst 10 m bred gräsmatta på ömse sidor av ledningen. I praktiken finns sällan så stora infiltrationsytor tillgängliga, varför slutsatsen blir att även rörledningar som uppfyller tillämpade täthetskrav utan svårighet helt kan dränera ut ledningsgraven.

Det är mot bakgrund av dessa beräkningar som resultaten av de hydrologiska modellerna i första hand bör betraktas.

Beräknar man tillåtet läckage i spillvattenledningen i Backlura enligt VAV på den sträcka, som ligger under rådande vattenstånd i ledningsgraven, dvs sträckan 32 - 40, kommer man till ett flöde av 287 l/h. Mellan punkt 35 och 41A ligger även vattengång för dagvattenledningen under rådande vattenstånd i ledningsgraven. Tillåtet läckage till denna ledning har enligt samma grunder beräknats till 305 l/h. Det gör sammanlagt ett tillåtet läckage enligt VAV:s normer av 592 l/h eller runt 14 m³/dygn. Detta tillåtna läckage kan beräknas vara större än längs den aktuella sträckan rådande grundvattenbildning och innebär således att ledningarna är tätare än normerna föreskriver. Detta till trots föreligger en klar, dränerande effekt av rörledningarna med påverkan av grundvattentrycket i moränen under leran i närheten av ledningsgraven. Hur långt från ledningsgraven denna påverkan sträcker sig beror generellt sett på de vattenförande jordlagrens genomsläpplighetsegenskaper och grundvattenbildningen i dessa jordlager, dvs kommuniseringsförhållandena till områden med infiltrationsytor för regnvatten.

Exempelvis är en genom täckande lerlager och tätt berg isolerad grusig och genomsläpplig morän, som har kontakt med en ledningsgrav, sålunda predestinerad till klar grundvattentrycksänkning vid tillämpning av nuvarande normer för ledningarnas täthet. Storleken av trycksänkningen blir beroende av framför allt naturlig trycknivå och ledningsgravens djup.

Å andra sidan kommer exempelvis grundvattentrycket i en liknande grusig och genomsläpplig morän med liknande läge i förhållande till ledningsgraven som i föregående exempel men med god kommunikation med fritt grundvatten under relativt sett stora infiltrationsytor knappast alls att påverkas av ett läckage till ledningarna som ej överstiger tillåtet värde.

Härav följer att det är av väsentlig betydelse att där ledningsgravar kommer att skära genom grundvattenförande friktionsjord i lerområden, som är känsliga för grundvattensänkning, kommuniseringsförhållandena mellan dessa friktionsjordlager och närliggande vattenförande jordlager med fri grundvattenyta och goda infiltrationsförhållanden undersöks.

Om man gör en motsvarande beräkning av tillåtet läckage enligt VAV för del av ledningsgraven i Torslanda Hög, exempelvis sträckan 341-37, där lutningen och spillvattenledningens dimension är liten, kommer man till ett tillåtet inläckage av 166 l/h. Detta motsvarar

grundvattenbildningen på en bredd av minst 15 m på ömse sidor om gatan över ledningsgraven. Enligt observationerna i observationsrören A - F (FIG. 13 och 17) sträcker sig emellertid avsänkningseffekten på grund av torrskorpelerans vattenkvarhållande egenskaper under en lång torrperiod ej mer än 10 m från ledningsgravens centrum. Detta förklarar varför ledningarna, även vid större täthet än normerna föreskriver, kan hålla ledningsgraven dränerad till rörledningens nivå. Så kan generellt förväntas bli fallet för ledningsgravar i enbart lera, där nuvarande täthetsnormer på rörledningar med gummiringfogade rör tillämpas.

I de båda undersökta modellerna har det visat sig att dränerande effekter av permanent art uppstått efter exploateringsarbetena.

Dessa dränerande effekter har emellertid blivit av så ringa storlek och fått sådan liten utbredning att i de båda fallen knappast några nämnvärda skadliga sättningseffekter kan förväntas uppstå. Detta resultat innebär emellertid inte att man skulle kunna dra den generella slutsatsen att ledningsgravar över huvud taget inte medför någon skadlig grundvattensänkning. Man måste nämligen alltid förknippa skaderiskerna med rådande lokala, geotekniska och geohydrologiska förhållanden, varvid uppmärksamhet kanske framför allt måste ägnas åt hur grundvattenbildningen sker i vattenförande jordlager som måste genomschaktas vid ledningsarbetena.

Modellerna har visat att s k tät kärnor för att avskära grundvattenflöde längs ledningsgraven saknar praktisk betydelse för denna funktion även om sand användes som underbädd och kringfyllning kring rörledningarna. Den avgörande dräneringseffekten har i stället ledningarnas täthet och i vissa fall kan det finnas skäl att skärpa täthetskravet i förhållande till nu tillämpade normer för att hindra skadlig dränering.

Att underbäddning och kringfyllning med sand har så ringa betydelse för dräneringseffekten av ledningsgraven är ett positivt konstaterande, eftersom just detta material ur utförande- och stabilitets synpunkt är mycket lämpligt. Om sand är svårt att få tag på kan i stället samkross användas.

REFERENSER

- Erson, S, 1973, Rapport angående utförd läcksökning på avloppsledningar inom planerat bostadsområde i Torslanda Hög. (Orrje & Co-Scandiaconsult) Mars Göteborg /opublicerad stencil/
- Gatukontoret Stockholm, 1962, Tekniska bestämmelser för byggnadsavdelningens arbeten nr 5:011, Nov Stockholm /opublicerad stencil/
- Lovell, K, & Olofsson, S, 1973, Rapport angående vattenståndsobservationer inom planerat bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg. (Orrje & Co-Scandiaconsult) Febr Göteborg /opublicerad stencil/
- Lovell, K, & Olofsson, S, 1973, Rapport angående vattenståndsobservationer inom planerat bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg. (Orrje & Co-Scandiaconsult) Apr Göteborg /opublicerad stencil/
- Lovell, K, & Olofsson, S, 1973, Tillägg till rapport angående vattenståndsobservationer inom planerat bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg (Orrje & Co-Scandiaconsult) Apr Göteborg /opublicerad stencil/
- Lovell, K, & Olofsson, S, 1973, Tillägg nr 2 till rapport angående vattenståndsobservationer i ledningsbädd för VA-ledningar inom planerat bostadsområde i Torslanda Hög, Göteborg. (Orrje & Co-Scandiaconsult) Okt Göteborg /opublicerad stencil/
- Lundström, R, & Schulze, J F, 1972, Utlåtande avseende grundläggning av småhus inom Backlura, Stockholms kommun (Orrje & Co-Scandiaconsult) Mars Stockholm /opublicerad stencil/
- Mark AMA 72, 1972, Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten (Byggandets Samordning) Stockholm
- Nilsson, J, & Sjöquist, L E, 1969, Yttrande över grundförhållanden för kedjehus etapp I och II inom Backlura-området, Hässelby Villastad (VIAK) Nov Stockholm /opublicerad stencil/
- VAV P 10, 1968, Anvisningar för täthetsprovning i fält av gummiringsfogade betongrörsledningar för självfall (Svenska vatten- och avloppsverksföreningen) Stockholm

R37:1975

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 730324-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Orrje & Co-Scandiaconsult,
Stockholm.**

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm

Grupp: allmänt installation

Pris: 15 kronor + moms